

# 內政部建築研究所專題研究計畫期末報告

研究案：建築物防火協同研究案

研究案編號：MOIS892003

執行期間：88年10月1日至89年9月30日

## 建築防火安全研究用試驗設備 規格之調查編訂

計畫主持人：內政部建築研究所 蕭江碧所長  
共同主持人：國立成功大學機械系 林大惠教授

執行單位：內政部建築研究所

中華民國 89 年 9 月 30 日

# 建築防火安全研究用試驗設備 規格之調查編訂

蕭江碧\* 林大惠\*\*

## 摘 要

本計畫係針對「內政部建築研究所建築實驗設施設置修正計畫」之建築防火實驗群實驗儀器設備，依循八十八年三月十五日於本所召開「建築防火實驗群實驗設備儀器規劃」諮詢會議，所確認儀器設備之購置項目及基本規範，進行各單項儀器設備細部規格之調查及編訂，以利隨後展開的採購開標作業，能確保採購物品之品質及功能，並順利完成試車驗收。

工程類實驗儀器設備主要設置於耐火結構實驗館中的耐火結構實驗場，包括門牆用、柱用、樑及樓板用和綜合性等四個耐火加熱爐，其中綜合性耐火加熱爐在預算額度考量下，已延後其設置時間。本研究針對門牆用、柱用、樑及樓板用等三個耐火加熱爐，完成細部規格之調查及編訂，並建議耐火加熱爐之採購開標及試車驗收規範。

非工程類實驗儀器設備將分別設置於防火材料實驗館中的耐燃材料實驗室、防焰材料實驗室和燃燒煙毒實驗室，及耐火結構實驗館中的部材防火實驗場，並包含各實驗設施所需之通用實驗儀器。本研究完成各單項儀器設備細部規格之調查及編訂，同時個別建檔以利爾後採購開標作業以及試車驗收時參考使用，各個儀器設備資料檔案內容包括：(1)型錄或說明書，(2)基本設計圖面，(3)安裝及操作手冊，(4)報價單，(5)相關文獻或技術資料等相關文件。

關於消防安全研究用試驗設備，吾人介紹國外研究試驗機構如何結合火災實驗和消防實驗，並以國內使用大尺度燃燒分析裝置進行撒水滅火實驗為例說明，最後再針對消防實驗所需試驗設備提出建議。

---

\*內政部建築研究所所長

\*\*國立成功大學機械系教授

## **ABSTRACT**

In this research program, we has investigated and determined basic specifications of experimental equipments and instruments being developed in the Architecture Fire-Prevention Laboratory Group under the project of “The Experimental Facility Establishment Plan of Institute of Architecture and Building Research, Ministry of Interior,” by following conclusions on items and basic requirements of experimental equipments and instruments made in the consulting meeting of “Planning on Experimental Equipments and Instruments for the Architecture Fire-Prevention Laboratory Group” in March 15, 1999. These basic specifications can be used for the purchasing and examination processes in the future, and further to ensure high quality and correct function of experimental equipments and instruments.

Experimental facility considered in this study includes three furnaces for fire-resistance tests of door (or wall), column, and beam (or floor), and some individual equipments and instruments used in laboratories of fire-resistance materials, fire-prevention materials, smoke and toxicity, and fire-prevention structures. Every individual equipment or instrument has its own file containing catalogs or instructions, plots of basic design, installation and operation manuals, quotations, and technical references. These materials can be used for the purchasing and examination processes in the future.

Considering experimental facility for fire-suppression researches, we first introduced research programs on fire-suppression performed by some research centers in different countries, then presented our experimental results on fire-suppression of wood cribs by water application in using a fire products collector, and finally gave suggestions on experimental facility used for fire-suppression researches.

# 目 錄

摘 要.....	i
英文摘要.....	ii
目 錄.....	iii
圖表目錄.....	iv
壹 前 言.....	1
一、計畫緣起與目的.....	1
二、研究方法及進行步驟.....	2
貳 工程類實驗儀器設備.....	7
一、日本參訪考察.....	7
二、規劃興建耐火加熱爐之基本考量.....	9
三、耐火加熱爐之設備規格.....	15
參 非工程類實驗儀器設備.....	22
肆 消防安全研究用試驗設備.....	27
一、國外研究試驗機構.....	28
二、國內使用大尺度燃燒分析裝置.....	29
三、消防實驗所需試驗設備.....	32
伍 結論與建議.....	33
陸 參考文獻.....	34
柒 本研究案相關附件.....	36
一、研究計畫諮詢會議.....	36
二、研究計畫期中簡報.....	36
三、研究計畫期末研討.....	37
附錄一 「內政部建築研究所防火實驗群非工程類儀器設備 (部分)採購規範」.....	39
附錄二 「美國 BFRL 實驗室 1998 年消防研究專案彙整」 (部分摘錄).....	84

## 圖表目錄

圖一	研究步驟之流程圖.....	3
圖二	門牆用、柱用、樑及樓板用和綜合性等四個耐火加熱爐 於耐火結構實驗場之相關配置.....	8
圖三	門牆用耐火加熱爐之概略型式、尺寸及地基配置.....	12
圖四	柱用和樑、樓板用耐火加熱爐（兩者共用爐腔和燃燒器） 之概略型式、尺寸及地基配置.....	13
圖五	門牆用耐火加熱爐、柱用和樑、樓板用耐火加熱爐 （共用爐腔和燃燒器）於耐火結構實驗場之相關配置.....	14
圖六	大尺度燃燒分析裝置.....	31
表一	內政部建築研究所防火實驗群耐火結構實驗場 實驗設備資料彙整.....	4
表二	內政部建築研究所防火實驗群非工程類儀器設備 資料彙整.....	5
表三	內政部建築研究所防火實驗群儀器設備採購規範（範例）	23

# 壹、前 言

## 一、計畫緣起與目的

藉著與建築防火、建築性能及建築材料相關之研究實驗，吾人可研訂基準規範，提供法規研修參考，以確保居住安全及環境品質；同時推動建築產業新材料、新技術、新工法、新設備之研究開發，以促進建築產業升級。因此，本所研訂「內政部建築研究所建築實驗設施設置計畫」【1】，並於八十五年十月二十九日奉 行政院台八十五內三七八七 號核定通過。

唯考量原基地開發耗費甚大，且時程甚久，故擬在不增加原核定經費、期程及人力前提下，與國立成功大學合作設置實驗設施；該修正計畫「內政部建築研究所建築實驗設施設置修正計畫」【2】業於八十七年七月二十七日奉 行政院台八十七內三七五八四號函同意備查，由國立成功大學無償提供土地，本所提供經費共同建置，並視計畫結果分期檢討。針對計畫中的三大建築實驗群，本所分期與國立成功大學合作設置實驗設施，以加速完成建築研究實驗設備，同時達成建構符合本土環境之建築品質，實驗設施合乎環境保護需求，以確保實驗安全性、使用性及其永續發展。其中有關建築防火實驗群列為第一優先辦理事項，已於八十八年十二月陸續完成土木發包作業。

建築防火實驗群包括防火材料實驗館、耐火結構實驗館、全尺寸火災實驗館和屋外火災實驗場等四大實驗設施；其中，防火材料實驗館設置有耐燃材料、防焰材料、燃燒煙毒等實驗室，耐火結構實驗館則設置有部材防火實驗場和耐火結構實驗場。建築防火實驗群實驗設施之建築規劃、工程設計和發包作業已陸續完成；實驗儀器設備也依工程類及非工程類，分別進行資料蒐集及彙整，並經由八十八年三月十五日於本所召開「建築防火實驗群實驗設施設備儀器規劃」諮詢會議中，確認儀器設備之購置項目及基本規範【3】。

本計畫將依循八十八年三月十五日諮詢會議所確認儀器設備之購置項目及基本規範，進行各單項儀器設備細部規格之調查及編訂，

以利隨後展開的採購開標作業，能確保採購物品之品質及功能，並順利完成試車驗收。除了諮詢會議所確認儀器設備購置項目外，本計畫將持續評估新開發或必要性儀器設備，在預算範圍內納入採購作業。配合各單項儀器設備細部規格之調查及編訂，本案將同時規劃各單項儀器設備的週邊需求、單項儀器設備間的相互配合、及各實驗室內儀器設備的整合應用。本計畫實施目的為協助建築防火實驗群實驗儀器設備之採購開標及試車驗收作業能順遂完成，同時確保儀器設備之品質功能、相互配合及整合應用；期能配合整體建築實驗設施設置計畫，儘速設置完成一個具國際水準的建築防火實驗設施。

## 二、研究方法及進行步驟

建築防火實驗群包括防火材料實驗館、耐火結構實驗館、全尺寸火災實驗館和屋外火災實驗場等四大實驗設施；其中，防火材料實驗館設置有耐燃材料、防焰材料、燃燒煙毒等實驗室，耐火結構實驗館則設置有部材防火實驗場和耐火結構實驗場。八十八年三月十五日於本所召開「建築防火實驗群實驗設施設備儀器規劃」諮詢會議中，實驗儀器設備係以工程類及非工程類進行分類，進而確認儀器設備之購置項目及基本規範【3】。

工程類實驗儀器設備主要設置於耐火結構實驗館中的耐火結構實驗場，包括門牆用、柱用、樑及樓板用和綜合性等四個耐火加熱爐，及遮煙性能、注水和衝擊等三個實驗裝置，其中綜合性耐火加熱爐將在預算額度考量下延後設置時間；四個耐火加熱爐及三個實驗裝置之基本規範，請參見表一。非工程類實驗儀器設備則分別設置於防火材料實驗館中的耐燃材料實驗室、防焰材料實驗室和燃燒煙毒實驗室，及耐火結構實驗館中的部材防火實驗場，並包含各實驗設施所需之通用實驗儀器。上述非工程類實驗儀器設備之購置項目及需求等級，請參見表二；而其基本規範，則請參見八十八年三月十五日諮詢會議之參考資料，「建築防火實驗群非工程類實驗儀器設備資料彙編」【4】。

本計畫依循上述工程類及非工程類實驗儀器設備之基本規範，首

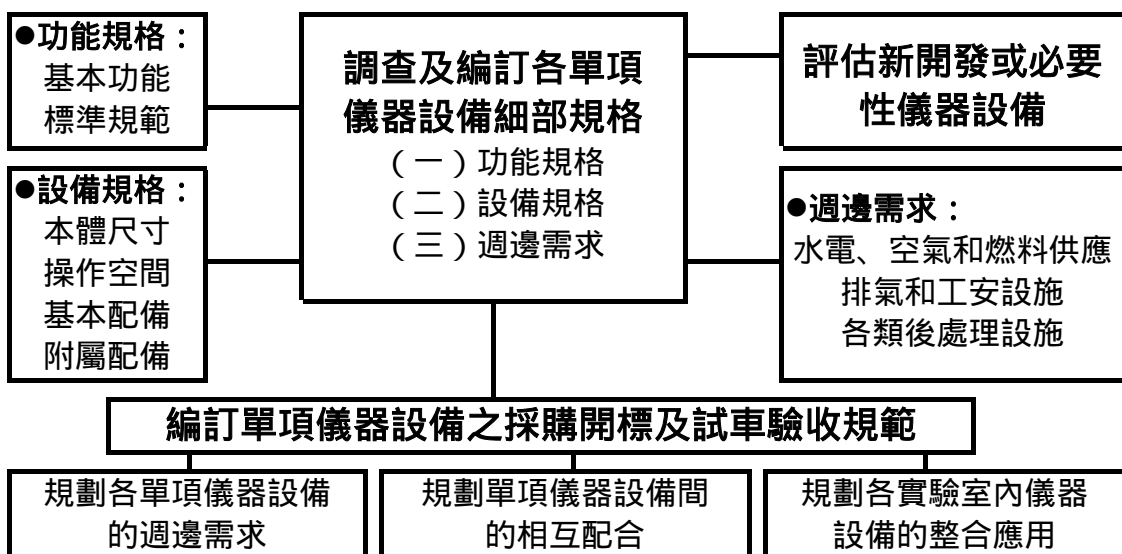
先調查及編訂各單項儀器設備細部規格，涵蓋三大部分：

- (一) 功能規格，亦即儀器設備之基本功能和其適應之標準規範（如：CNS 國家標準、ASTM 標準、JIS 標準、ISO 標準、或 UL 規範等）；
- (二) 設備規格，包括本體尺寸、操作空間、基本配備和附屬配備等；
- (三) 週邊需求，包括水電、空氣和燃料供應、排氣和工安設施、以及各類後處理設施（如：廢氣、廢水、廢棄物和有毒物處理）等。

依據上述確立之細部規格，吾人將進一步編訂單項儀器設備之採購開標及試車驗收規範；其中，將特別注重

- (一) 採購物品之品質功能、詢價估價和預算控管，
- (二) 試車驗收之明確標準、週邊配合和時程控制，以及
- (三) 採購物品之備品零件、售後服務和保養維護。

除了諮詢會議所確認儀器設備購置項目外，本計畫將持續評估新開發或必要性儀器設備，在預算範圍內納入採購作業。配合各單項儀器設備細部規格之調查及編訂，本案將同時規劃各單項儀器設備的週邊需求、單項儀器設備間的相互配合、及各實驗室內儀器設備的整合應用。本計畫實施之研究步驟，請參見圖一所示之流程圖。



圖一 研究步驟之流程圖

表一 內政部 建築研究所 防火實驗群 耐火結構實驗場 實驗設備 資料彙整

設備名稱	設備規範	試體尺寸 W x D x H (m)	設備尺寸 W x D x H (m)	空間尺寸 W x D x H (m)	試體 裝卸	加載 荷重	使用 燃料	廢氣排放	廢氣處理
門牆用 耐火 加熱爐	CNS 11227, 12514, JIS 1301, 1302, 1304, ISO 834.	4 x 4 x _	地上 6 x 5 x 7.5 地下 6 x 2 x -2 ( 爐前油壓缸 )	地上 8 x 7 x 7.5 地下 8 x 3 x -2 地基厚 0.7-1m	台車 及 吊車	0 至 400 噸	NG 氣槽	上方排氣 自然通風 外加 IDF	二次燃燒塔 袋式集塵器 ( 需要再評估 )
柱用 耐火 加熱爐	CNS 12514, JIS 1301, 1302, 1304, ISO 834.	0.5 x 0.5 x 4.2	地上 5 x 5 x 7.5 地下 5 x 5 x -2.5	地上 7 x 7 x 7.5 地下 7 x 7 x -2.5 地下層外加階梯 地基厚 0.7-1m	台車 及 吊車	0 至 2000 噸	NG 氣槽	地下煙道 外加 IDF	二次燃燒塔 袋式集塵器 ( 需要再評估 )
樑、樓板用 耐火 加熱爐	CNS 12514, JIS 1301, 1302, 1304, ISO 834.		地上 7 x 10 x 3 地下 7 x 10 x -3.5 爐體 4 x 8 x 2	地上 9 x 12 x 3 地下 9 x 12 x -3.5 地基厚 0.7-1m	吊車	0 至 70 噸	NG 氣槽	側向排氣 自然通風 外加 IDF	二次燃燒塔 袋式集塵器 ( 需要再評估 )
綜合性 耐火 加熱爐	門、牆、柱、版、樑等 之複合結構體。	評估中	評估中	評估中	吊車	評估 中	NG 氣槽	側向排氣 地下煙道 外加 IDF	二次燃燒塔 袋式集塵器 ( 需要再評估 )
遮煙性能 實驗裝置	CNS 11227, JIS 1311.		配合門牆用耐火 加熱爐使用，實 驗台車 4 x 4 x 4 ( 含排氣罩 )		台車	無	無	排氣罩	
注水 實驗裝置	CNS 12514, JIS 1301, 1302, 1304.							排氣罩	
衝擊 實驗裝置	CNS 11227, 12514, JIS 1301, 1302, 1304, 1311.								

表二 內政部 建築研究所 防火實驗群 非工程類儀器設備 資料彙整

	儀器設備名稱	需求等級	頁碼	備註
耐 燃 材 料 實 驗 室	基材測試裝置	①●②③	1-6	ISO 1182 & CNS 6532
	表面(含穿孔)測試裝置	①●②③	7-12	
	小型高溫爐	①①②●		用途不清楚,待確認。
	氧指數法測試裝置	①●②③	13-22	
	圓錐量熱儀	①●②③	23-30	舊有,需要採購更新。
	熱釋放率分析儀	①①●③	31-32	
	壁材側向著火延燒測試裝置	●①②③	33-34	既有,遷移南下。
	垂直輻射耐燃測試裝置	①●②③	35-36	
	地坪材料輻射熱板裝置	①●②③	57-60	包含 smoke analyzer。
	著火性實驗裝置	●①②③	83-92	既有,遷移南下。
	①①②③			
	①①②③			

	儀器設備名稱	需求等級	頁碼	備註
防 焰 材 料 實 驗 室	垂直式抗焰性測試裝置	①●②③	37-42	
	45度防焰性測試裝置	①●②③	43-52	
	水平式抗焰性測試裝置	①●②③	53-56	
	地板薄材料燃燒性測定裝置	①①②●		用途不清楚,待確認。
	纖維製品水平燃燒測試裝置	①①②●	61-62	
	水平/垂直燃燒測試裝置	①●②③	63-66	UL 94
	電線電纜垂直耐燃性測試裝置	①●②③	67-70	
	電線電纜水平耐燃性測試裝置	●①②③	71-72	既有,遷移南下。
	電器電線用品耐燃性測試裝置	①①●③	73-80	
	材料之火焰傳播性測試裝置	①①②●		用途不清楚,待確認。
	焚燒管測試裝置	●①②③	81-82	
	格架法測試裝置	●①②③		
		①①②③		
	①①②③			

	儀器設備名稱	需求等級	頁碼	備註
燃 燒 煙 毒 實 驗 室	自燃特性實驗裝置	●①②③	93-94	
	熱差分析裝置	●①②③		
	煙濃度測試裝置	●①②③	95-102	既有,遷移南下。
	有毒氣體毒氣分析裝置	●①②③	103-104	既有,遷移南下。
	有毒氣體動物實驗裝置	●①②③	105-112	既有,遷移南下。
	電線電纜燃燒有毒氣體分析裝置	①①●③	113-120	
	全 HCL 分析裝置	①①②●	121-122	需再評估。
		①①②③		
	①①②③			

	儀器設備名稱	需求等級	頁碼	備註
通用實驗儀器	紅外線氣體分析儀	●①②③	123-124	另案採購。
	氣相質譜儀	①①●③	125-130	
	NO <sub>x</sub> 分析裝置	●①②③		
	熱傳導係數量測裝置	①●②③	131-134	高溫型。
	示差掃描量熱儀	①●②③		Differential Scanning Calorimeter
	輻射熱通量計	①●②③	135-136	
	紅外線熱像測溫儀	①●②③	137-142	既有，遷移南下；增購配備。
	高速攝影機	①●②③	143-146	
	顆粒分析儀	①①●③	147-150	消防實驗使用。
	影像記錄分析系統	①●②③		照相機、V8 攝影機、錄放影機 影像記錄分析電腦及軟體。
	黑體爐	●①②③		既有，遷移南下。
	熱通量校正儀	●①②③		既有，遷移南下。
	熱電偶校正儀	●①②③		既有，遷移南下。
		①①②③		
	①①②③			

	儀器設備名稱	需求等級	頁碼	備註
部材防火實驗室	高壓燃燒測試裝置	①①②●		研究專案。
	模型箱實驗裝置	①①②●		研究專案。
	隧道爐	①①●③	151-156	
	Roland 測試裝置	①●②③	157-160	三者共用兩個中尺度圓錐量熱儀。
	火焰伸展率測試裝置	①●②③	161-164	
	Room/Corner 測試裝置	①●②③	165-166	
	貫穿部防火材料實驗裝置	①●②③		置於耐火結構實驗室
	電力電纜實驗裝置	①●②③	167-170	
	電力電纜煙濃度實驗裝置	①①●③	171-172	
	單一試件中尺度燃燒分析裝置	①●②③	173-178	結合 Room/Corner 和 Roland，共用量熱儀。
	10 MW 大尺度燃燒分析裝置	①●②③	179-180	
	FMRC 火焰傳播分析裝置	①①②●	181-182	需再評估。
	高溫用壓縮實驗機	①①②●		用途不清楚，待確認。
	搬運設備	①●②③		堆高機、台車等。
	氣體分析裝置	①●②③		CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> 等。
	高溫內視鏡	①●②③		
	Smoke Meter	①●②③		
	輻射熱板裝置	①●②③		
		①●②③		
	①●②③			

## 貳、工程類實驗儀器設備

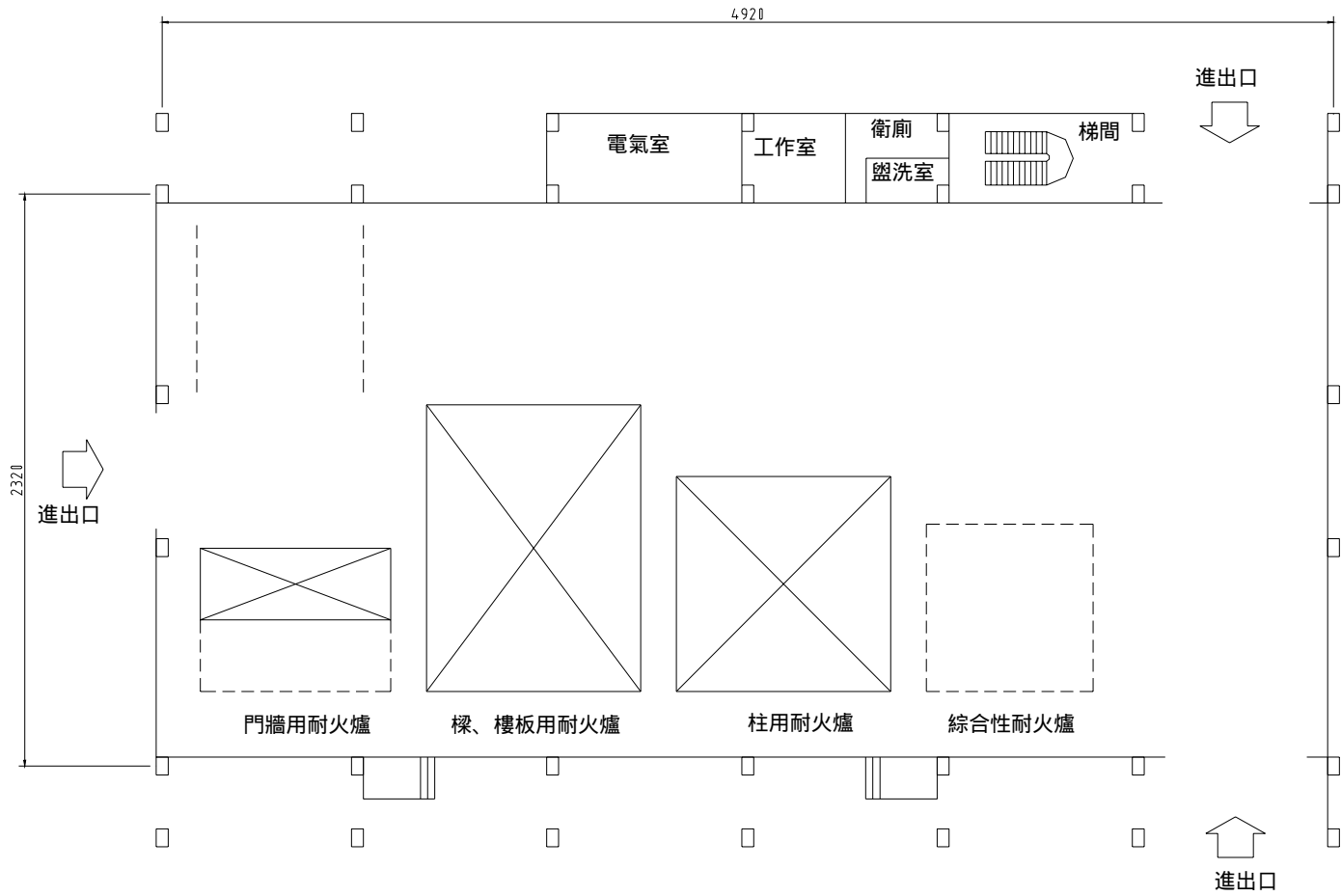
工程類實驗儀器設備主要設置於耐火結構實驗館中的耐火結構實驗場，包括門牆用、柱用、樑及樓板用和綜合性等四個耐火加熱爐，及遮煙性能、注水和衝擊等三個實驗裝置，四個耐火加熱爐及三個實驗裝置之基本規範，請參見表一。門牆用、柱用、樑及樓板用和綜合性等四個耐火加熱爐於耐火結構實驗場之相關配置，請參見圖二。本章節將針對門牆用、柱用、樑及樓板用等三個耐火加熱爐，進行細部規格之調查及編訂，並建議耐火加熱爐之採購開標及試車驗收規範；以利隨後展開的採購開標作業，能確保採購物品之品質及功能，並順利完成試車驗收。

### 一、日本參訪考察

由於國內相關單位擁有測試用或研究用之耐火加熱爐並不多，尤其缺乏規劃中兼具大尺寸、高載荷及多功能之耐火加熱爐，同時國內目前並無廠商具有設計和製造此類耐火加熱爐之經驗和實績；因此，特別委請日本擁有設計製造實績之東和耐火工業株式會社和光亞科學工業株式會社，協助安排本計畫協同主持人成大機械系林大惠教授自費前往日本，針對耐火加熱爐使用單位進行實地考察，深入瞭解各加熱爐之使用性及發展性，以做為耐火加熱爐規劃興建之參考。

東和耐火工業株式會社在設計製造耐火加熱爐實績方面，包括大中小型壁爐、四面爐、水平爐、柱用爐、多目的耐火試驗爐及遮煙性能試驗爐約 30 座。目前承製日本建設省建築研究所之 100T 水平加熱爐和 2200T 柱用加熱爐，預計於 88 年底完工。東和耐火工業株式會社在台灣的施工製造配合廠商為東銘工業爐工程有限公司，目前本所防火實驗室及國立成功大學防火中心之門牆用（無負荷）耐火加熱爐皆為其業績。

光亞科學工業株式會社在設計製造耐火加熱爐實績方面，包括大中小型壁爐、版樑用爐、柱用爐及多目的耐火試驗爐約 44 座。光亞科



圖二 門牆用、柱用、樑及樓板用和綜合性等四個耐火加熱爐於耐火結構實驗場之相關配置

學工業株式會社在多目的耐火試驗爐方面有較多實績，如：竹中工務店技術研究所之 500T 爐、鹿島建設技術研究所之 300T 爐、FUJITA 技術研究所之 1000T 爐及大成建設技術研究所之 2000T 爐等。光亞科學工業株式會社與井原築爐工業株式會社有技術合作關係，光亞主要負責設計規劃，而井原則偏重製造興建；井原築爐工業株式會社在台灣設有支店（分公司）。

經由東和耐火工業株式會社和光亞科學工業株式會社的協助安排，林大惠教授於 88 年 8 月 30 日至 88 年 9 月 2 日（合計四天）前往日本，針對使用（兼具大尺寸、高載荷及多功能）耐火加熱爐單位進行實地考察，共參訪三家（財團法人或政府單位）試驗中心及四家（建設公司）技術研究所，概述如下：

- (1) 財團法人建材試驗中心 中央試驗所
- (2) 建設省建築研究所
- (3) 財團法人 筑波建築試驗中心
- (4) (株) 竹中工務店 技術研究所
- (5) 鹿島建設(株) 技術研究所
- (6) (株) FUJITA 技術研究所
- (7) 大成建設(株) 技術研究所

本次考察行程以實地參訪耐火加熱爐使用單位為目的，深入瞭解各加熱爐之使用性及發展性，以做為耐火加熱爐規劃興建之參考；參訪考察所攜回機關簡介及相關技術資料已建檔存查，參訪考察報告【5】則以編輯參訪考察所拍攝相片為主，並進行技術資料彙整，最後給予綜合結論，請參見期中報告之附錄一。

## 二、規劃興建耐火加熱爐之基本考量

經由實地參訪日本使用（兼具大尺寸、高載荷及多功能）耐火加熱爐單位，深入瞭解各加熱爐之使用性及發展性【5, 6】，同時訪視各實驗室之設備配置及整體規劃，以為本所規劃興建耐火加熱爐之借鏡。吾人亦分別與東和耐火工業株式會社和光亞科學工業株式會社會

商，詳詢耐火加熱爐之基本尺寸及規格、試體負載大小及加載方式、使用燃料、後處理設備、地基深度及承載力、以及經費需求。因此，規劃興建耐火加熱爐之基本考量，綜合概述如下：

- (1) 依未來研究導向及目前有限經費雙重考量，同時顧及耐火結構實驗場空間有限，尚需進一步規劃工業安全設施，區劃試體及試驗框置放區域；吾人建議於耐火結構實驗場中，宜興建門牆用、柱用、樑及樓板用等三個耐火加熱爐，以及遮煙性能、注水及衝擊三個實驗裝置；同時建議沿用多目的耐火加熱爐的設計規劃理念，經適當配置安排，柱用耐火加熱爐和樑、樓板用耐火加熱爐應可共用部分爐腔和部分燃燒器。利用分隔壁，適切隔開爐腔和燃燒器，可分隔成單一耐火加熱爐，而進行單一耐火試驗；移開分隔壁，可合併柱用耐火加熱爐和樑、樓板用耐火加熱爐成為一體，而進行複合式建築結構之耐火試驗。

參酌表一所列之耐火加熱爐基本規範，門牆用耐火加熱爐之概略型式、尺寸及地基配置示於圖三，以為參考；如果考慮柱用和樑、樓板用耐火加熱爐兩者共用部分爐腔和部分燃燒器，則其型式類似廣用的多目的耐火加熱爐，其概略型式、尺寸及地基配置示於圖四，以為參考。如此考量規劃之耐火加熱爐，將其安排於耐火結構實驗場之相關配置，請參見圖五；圖五顯示耐火結構實驗場將有較充裕的空間，藉以進一步規劃工業安全設施，區劃試體及試驗框置放區域，安置遮煙性能、注水及衝擊三個實驗裝置，以及配合防耐火試驗所需儀器設備。

- (2) 基於研究導向及經費有限，且考量單一防耐火試驗之進行較具安全性；在不考慮同步進行多項防耐火試驗之前提下，吾人建議上述耐火加熱爐可共用一套儀控作業系統、一套油壓加載控制系統及一套廢氣後處理設備。廢氣後處理設備與耐火加熱爐間之連接及配置可參考圖五。

吾人建議審慎評估耐火結構實驗場中是否需要同步進行多項大型防耐火試驗？同步進行多項大型防耐火試驗，將直接影響燃料和空氣供應、廢氣排放的穩定性，增加儀控作業與控制系統的

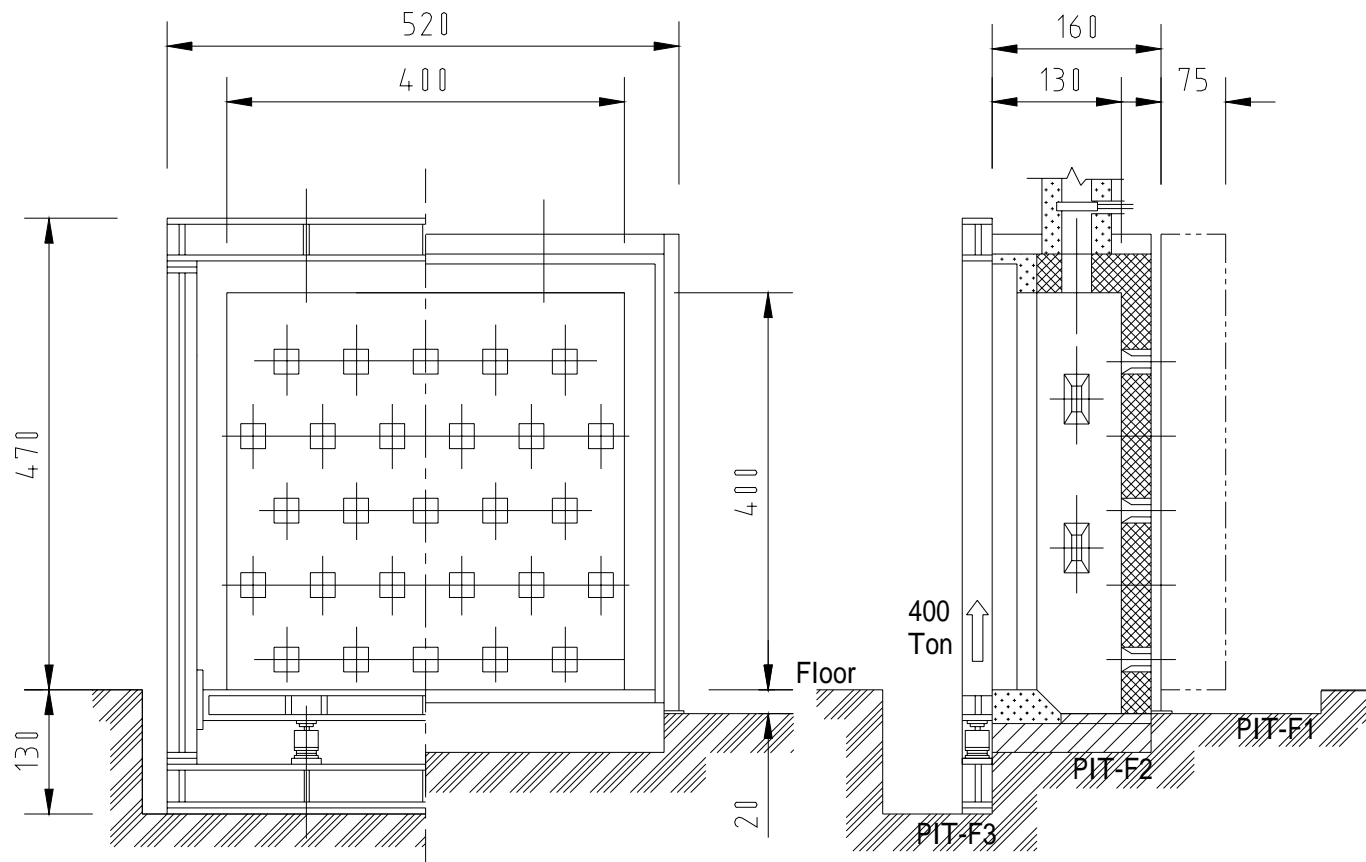
複雜度，提高人員與物件動線的衝突機會，明顯降低防耐火試驗的安全性。吾人認為應考量單一防耐火試驗之進行，若非得同步進行多項大型防耐火試驗，應於設計規劃上預先就考慮應變措施及周全配置。

- (3) 日本目前門牆用耐火加熱爐之最大載荷為 400T（建設省建築研究所），而多目的耐火加熱爐之最大載荷為 2000T 左右（柱用，大成建設及建設省建築研究所）。載荷大小之選定宜考量未來發展性，但高載荷設計將大幅提高興建經費。

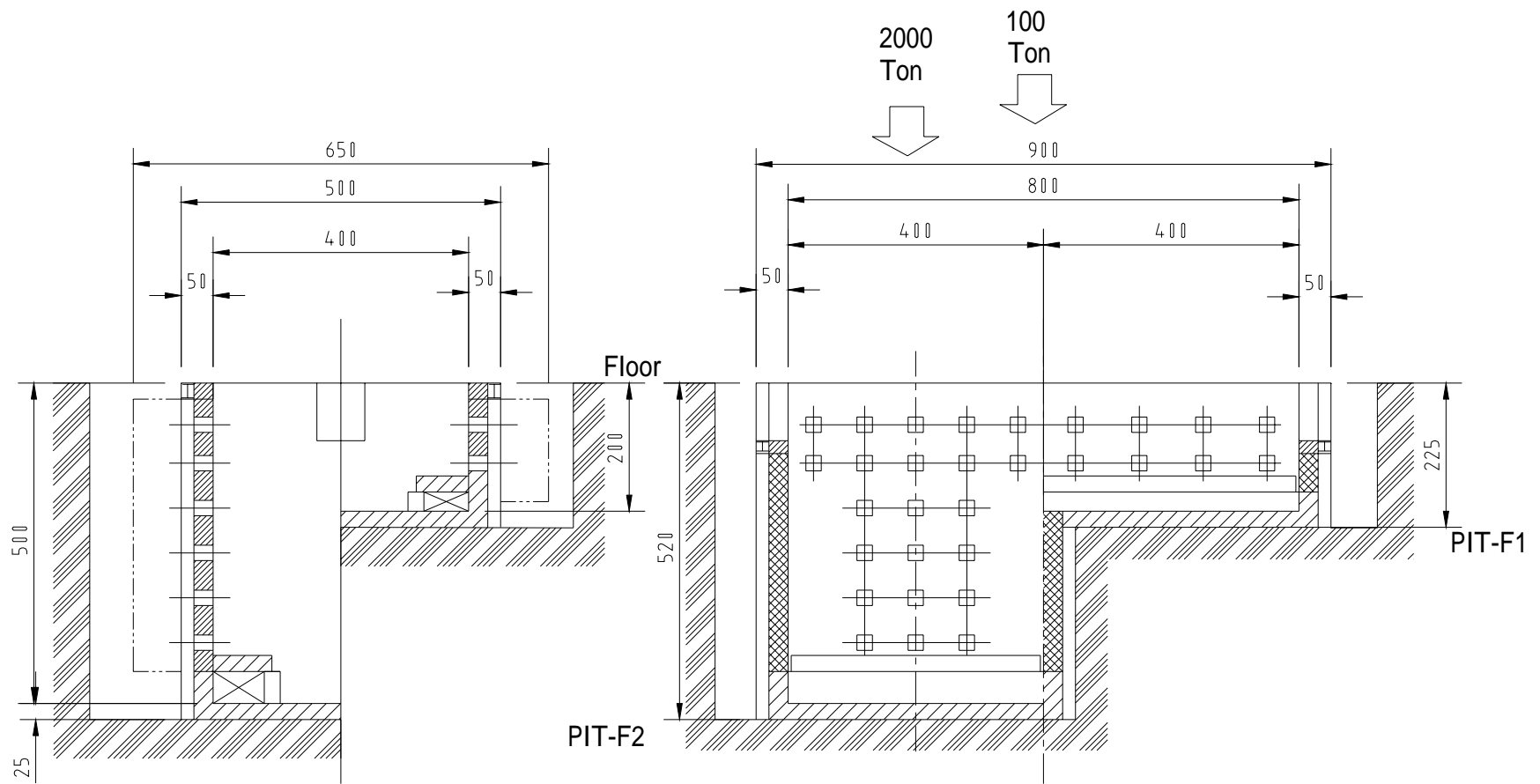
日本大成建設技術研究所主席研究員西垣太郎先生，曾針對大型耐火實驗裝置的實用性與未來發展性有詳細的說明【6】，其文章請參見期中報告之附錄二。吾人建議門牆用耐火加熱爐之最大載荷為 400T，而柱用耐火試驗爐之最大載荷為 2000T 左右，以因應未來需求及發展。

- (4) 廢氣後處理設備包括二次燃燒室、水霧冷卻室、除塵霧設備、引風機及煙囪，其目的在於去除加熱試驗中試體所逸出之可燃氣體。經費考量下可選擇使用柴油為加熱爐燃料再配合廢氣後處理設備，或者選用 LPG 為燃料而簡化廢氣後處理設備（未來再進行改善工程）；當然，經費許可下使用 LPG 為燃料再配合廢氣後處理設備，應是最佳選擇。
- (5) 耐火加熱爐之地基深度及承載力應預先完成規劃設計，以配合耐火結構實驗館建築工程進行，地基開挖及施工經費應併入耐火結構實驗館建築經費中。
- (6) 耐火加熱爐及實驗裝置之興建應以 ISO 標準規範為設計製造之準則，同時以其為試車驗收之要件。高載荷加熱爐之操作需由技術純熟人員來執行，以確保人員與設施之安全，興建合約應包含完整的技術人員操作訓練。

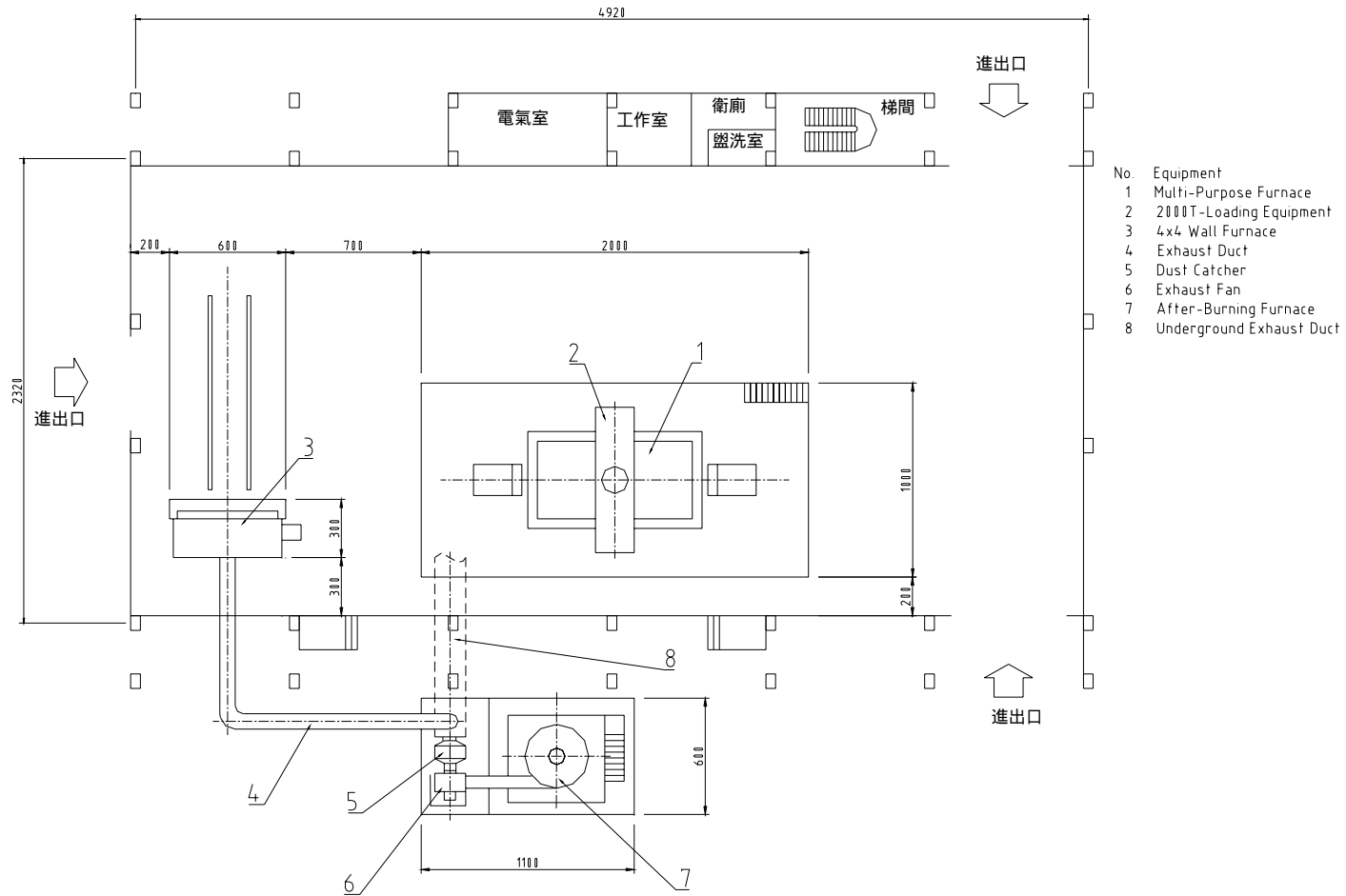
耐火加熱爐設備功能的主要依據為 ISO 834 規範【7】，輔予 ASTM E119 規範【8】。門牆用耐火加熱爐設備功能，應同時符合 CNS 11227【9】及 ISO 3008 規範【10】；柱用耐火爐和樑、樓板用耐火爐，應同時符合 CNS 12514 規範【11】。上述 CNS 規範低



圖三 門牆用耐火加熱爐之概略型式、尺寸及地基配置



圖四 柱用和樑、樓板用耐火加熱爐（兩者共用爐腔和燃燒器）之概略型式、尺寸及地基配置



圖五 門牆用耐火加熱爐、柱用和樑、樓板用耐火加熱爐（共用爐腔和燃燒器）於耐火結構實驗場之相關配置

於 ISO 規範要求，或與 ISO 規範抵觸時，以 ISO 規範為準。

(7)關於設計製造兼具大尺寸、高載荷及多功能耐火加熱爐之廠商方面，據了解目前日本僅有兩家廠商興建此類耐火加熱爐，分別為東和耐火工業株式會社和光亞科學工業株式會社，兩家公司皆有足夠的技術及承造能力，同時也擁有豐富經驗和實績。前者在台灣的施工製造配合廠商為東銘工業爐工程有限公司，後者與井原築爐工業株式會社有技術合作關係，井原築爐工業株式會社在台灣設有支店（分公司）；因此，兩家公司在台灣的施工興建及爾後的保養維護應能適切支應。

### 三、耐火加熱爐之設備規格

根據上一節規劃興建耐火加熱爐之基本考量，吾人擬定耐火結構試驗用耐火加熱爐設備規格，詳述如下：

本案採購之耐火結構試驗用耐火加熱爐，包括(1)門牆用耐火加熱爐、(2)柱用耐火加熱爐和(3)樑、樓板用耐火加熱爐等三座；以及配合耐火試驗用之儀器設備，包括(4)儀控作業系統、紀錄及作業盤面一組、(5)油壓加載控制系統一組和(6)廢氣後處理設備一組。同時，每一耐火加熱爐應配置(7)試驗框二件、加載試驗框一件、標準蓋板一件及置放架一件，以及(8)將含試體之試驗框嵌入或移出耐火爐之運載設備。上述各項設備及系統之工程作業，應包括現場施工、安裝組立、配管配線、油漆粉刷、試車調整和技術訓練等。本採購案不包括場區整地與開挖、地基施工、廠房及照明、控制室隔間、一次電源供應、燃料儲存和廠房吊運裝置。本採購案設備規格，分項述明如下：

(1) 設備功能主要依據為「ISO 834 建築構件耐火試驗規範 - 第一部分：一般要求」(ISO 834 Fire-resistance tests - Elements of building construction - Part 1: General requirements, 1st Edition, 1999-09-15)

【7】，內容涵蓋下列各項設備之一般要求，包括：

- (a) 試體進行耐火試驗用之耐火加熱爐(furnaces)，
- (b) 耐火加熱爐內溫度控制設備，

- (c) 耐火加熱爐內高溫氣體之壓力控制和調節設備，
  - (d) 用來安裝固定試體以進行耐火試驗用之試驗框，
  - (e) 試體加載(loading)、侷限(restraint)裝置、及控制和調節設備，
  - (f) 溫度（爐內溫度、試體非曝火面溫度或試體內部溫度）量測及記錄設備，
  - (g) 試體變形(deformation)之量測及記錄設備，
  - (h) 試體完整性(integrity)及經過時間(elapsed time)之量測及記錄設備，
  - (i) 耐火加熱爐內高溫氣體之含氧量量測及記錄設備。
- (2) 門牆用耐火加熱爐設備功能，應同時符合 CNS 11227【9】 ASTM E119【8】及 ISO 3008【10】規範；柱用耐火加熱爐和樑、樓板用耐火加熱爐，應同時符合 CNS 12514【11】及 ASTM E119【8】規範。上述 CNS 規範低於 ISO 規範要求，或與 ISO 規範牴觸時，以 ISO 規範為準。
- (3) 耐火加熱爐共通之基本設備規格：
- (a) 耐火加熱爐鋼構造部分，包括爐主體、燃燒器壁、爐側壁、爐頂、活動壁、分隔壁、試驗框、標準蓋板、空氣供給裝置、排煙道和煙罩皆為鋼構，並應分段或分區以鋼構補強。施工之鋼構材料應註明等級及厚度。
  - (b) 耐火保溫材料施工，包括爐壁四週、活動壁、分隔壁和標準蓋板等，應使用耐高溫 1400 以上之陶瓷纖維為主之耐火材料；爐底使用保溫磚及可鑄性耐火泥，試驗框、以及燃燒器和觀視孔四週使用可鑄性耐火泥，排煙道內使用輕質可鑄性耐火泥。施工之耐火保溫材料應註明等級並附型錄。
  - (c) 爐體適當部位應安置數個耐熱玻璃觀視孔，並安置人員進入口，方便操作人員於耐火試驗前，進入爐內進行檢視作業。
  - (d) 爐體適當部位應安置爐內氣體含氧量測定裝置。使用裝置應註明規格、廠牌並附型錄。
  - (e) 每一耐火加熱爐應配置試驗框二件、加載試驗框一件、標準蓋板一件及置放架一件，以及將含試體之試驗框嵌入或移出

耐火加熱爐之運載設備。

- (f) 燃燒器使用燃料為液化石油瓦斯(LPG)。
- (g) 配置一部或二部供應燃燒用空氣之鼓風機，鼓風機為三座耐火加熱爐所共用，經切換後，同一時間僅供單一耐火加熱爐進行耐火試驗。
- (h) 燃燒裝置點火系統，每一燃燒器配置一組點火裝置，包括點火變壓器、高壓導線和火星塞。
- (i) 燃燒裝置安全系統，每一燃燒器配置一 UV 火焰監視器，火焰熄火時自動切斷瓦斯供應，即時停止燃燒。每一燃燒器配置瓦斯配管緊急遮斷閥、燃燒器前電磁閥、點火控制器、瓦斯及空氣用壓力指示等各一個。分區或全區設置瓦斯及空氣壓力開關、瓦斯緊急停止供應電磁閥，並安置警報燈和蜂鳴器。火焰熄火、燃燒空氣壓力和瓦斯壓力異常時，作業盤面應有異常訊號指示並警報。使用裝置應註明規格、廠牌並附型錄。
- (j) 自動控制系統，包括爐內溫度自動控制和爐內壓力自動控制兩部分。前者採 PID 分區自動控制，所需配備含溫度程式設定器、溫度指示調節器、控制閥伺服馬達、熱電偶及其訊號傳輸補償導線；後者利用排氣風扇設定及檔板開關控制進行 PID 自動控制，所需配備含爐內壓發訊器、爐內壓指示調節器、控制閥伺服馬達和微差壓計。使用裝置及儀器應註明規格、廠牌並附型錄。
- (k) 儀控作業系統、記錄及作業盤面，三座耐火加熱爐可共用，經切換後，同一時間僅供單一耐火加熱爐進行耐火試驗。配合儀控作業系統需要，配置一部或數部多點式記錄器，可記錄爐內溫度、爐內壓力和爐內氣體含氧量；並預留多個訊號輸入端，可擴充記錄試體非曝火面溫度、試體內部溫度、試體變形、試體完整性(integrity)及經過時間(elapsed time)等數據。作業盤面應包括瓦斯、空氣和電源指示控制，火焰熄火、燃燒空氣壓力和瓦斯壓力異常指示燈，選擇開關，運轉中及

程式結束指示燈，電源之電壓錶及電流錶，機械按鈕和點火按鈕等必要訊號指示。使用裝置及儀器應註明規格、廠牌並附型錄。

(4) 門牆用耐火加熱爐之個別設備規格：

- (a) 使用門牆用耐火加熱爐之耐火試驗，旨在檢測建築物防火門及相關牆體之耐火性能。
- (b) 耐火加熱能力可達 4 小時。
- (c) 試體加熱面積為 400W x 400H (cm)。
- (d) 試體加載能力為 200 ton x 2 units = 400 ton。
- (e) 耐火加熱爐參考尺寸：爐內尺寸為 430W x 450H x 100L (cm)；爐外尺寸為 500W x 520H x 140L (cm)。
- (f) 爐內燃燒器為平火焰燃燒器(flat flame burner)，燃燒器數目依達成爐溫變化函數之設計要求而定。每一燃燒器應配備瓦斯、空氣電磁控制閥、和瓦斯空氣配比調節閥。使用裝置應註明規格、廠牌並附型錄。

(5) 柱用耐火加熱爐之個別設備規格：

- (a) 使用柱用耐火加熱爐之耐火試驗，旨在檢測建築物防火柱及相關承重柱之耐火性能。
- (b) 耐火加熱能力可達 4 小時。
- (c) 試體加熱面積為 200W x 200L x 500H (cm)。
- (d) 試體最大加載能力為 2000 ton。
- (e) 耐火加熱爐爐內參考尺寸為 400W x 400L x 500H (cm)。
- (f) 爐內燃燒器為明火焰輻射式氣體燃燒器(luminous flame radiant-type gas burner)，燃燒器數目依達成爐溫變化函數之設計要求而定。每一燃燒器應配備瓦斯、空氣電磁控制閥、和瓦斯空氣配比調節閥。使用裝置應註明規格、廠牌並附型錄。
- (g) 經適當設計規劃，柱用耐火加熱爐和樑、樓板用耐火加熱爐可共用部分爐腔和部分燃燒器。利用分隔壁，適切隔開爐腔和燃燒器，可分隔成單一耐火加熱爐，而進行單一耐火試驗；

移開分隔壁，可合併柱用耐火加熱爐和樑、樓板用耐火加熱爐成為一體，而進行複合式建築物之耐火試驗。

- (6) 樑、樓板用耐火加熱爐之個別設備規格：
- (a) 使用樑、樓板用耐火加熱爐之耐火試驗，旨在檢測建築物防火樑及相關防火樓板之耐火性能。
  - (b) 耐火加熱能力可達 4 小時。
  - (c) 試體加熱面積為 400W x 600L x 200H (cm)。
  - (d) 試體最大加載能力：集中加載為 100 ton，平均加載為 65 kg/cm<sup>2</sup>。
  - (e) 耐火加熱爐內參考尺寸為 400W x 800L x 200H (cm)。
  - (f) 爐內燃燒器為明火焰輻射式氣體燃燒器(luminous flame radiant-type gas burner)，燃燒器數目依達成爐溫變化函數之設計要求而定。每一燃燒器應配備瓦斯、空氣電磁控制閥、和瓦斯空氣配比調節閥。使用裝置應註明規格、廠牌並附型錄。
  - (g) 經適當設計規劃，柱用耐火加熱爐和樑、樓板用耐火加熱爐可共用部分爐腔和部分燃燒器。利用分隔壁，適切隔開爐腔和燃燒器，可分隔成單一耐火加熱爐，而進行單一耐火試驗；移開分隔壁，可合併柱用耐火加熱爐和樑、樓板用耐火加熱爐成為一體，而進行複合式建築物之耐火試驗。
- (7) 油壓加載裝置及控制系統設備規格：
- (a) 門牆用加載裝置，含自動平衡龍門型反力框(self-balance portal reaction force frame)、油壓千斤頂(200 ton x 30 cm stroke)兩個、變流器型油壓幫浦(500 kg/cm<sup>2</sup>)、自動控制靜畸變放大器(automatic control static distortion amplifier)、和 200 ton 負荷單元(load cell)兩個。使用裝置應註明規格、廠牌並附型錄。
  - (b) 柱用加載裝置，含自動平衡龍門型反力框(採固定方式，其跨距為 750 cm)、油壓千斤頂(2000 ton x 50 cm stroke)、變流器型油壓幫浦(500 kg/cm<sup>2</sup>)、自動控制靜畸變放大器、兩

組水冷式球型軸架(spherical pedestal)、上下兩片受壓支撐板 ( 100 x 100 cm ) 和 2000 ton 負荷單元。使用裝置應註明規格、廠牌並附型錄。

- (c) 樑、樓板用加載裝置，含自動平衡龍門型反力框（將柱用反力框轉向，即可使用）、油壓千斤頂（含 U 型連接環，100 ton x 30 cm stroke）、變流器型油壓幫浦（500 kg/cm<sup>2</sup>）、100 ton 負荷單元、和平均加載用懸掛框架（含 16 個 65 kg 鐵塊配重）。使用裝置應註明規格、廠牌並附型錄。
  - (d) 備用變流器型油壓幫浦（500 kg/cm<sup>2</sup>）一個，及不可燃液壓油桶（500 L）一個。
  - (e) 門牆用、柱用和樑、樓板用三組加載裝置，共用一套油壓控制系統，同一時間僅供單一耐火加熱爐進行耐火加載試驗。個別加載裝置分別配置數據記錄器、開關盒、個人電腦及軟體。使用裝置應註明規格、廠牌並附型錄。
- (8) 廢氣後處理設備規格：
- (a) 廢氣後處理設備整體配備，除了垂直式再燃燒爐和除塵設備外，尚包括排氣風扇（含馬達）、控制檔板（外殼為 SS400 鋼板，檔板材質則為 SUS310）、入口管道（外殼為 SS400 鋼板，含一調整空氣量檔板）、稀釋孔洞（外殼為 SS400 鋼板，含一調整空氣量檔板）、排氣風扇出口管道（外殼為 SS400 鋼板）及排氣煙囪。
  - (b) 垂直式再燃燒爐，爐體為鋼構造，並以鋼構分區補強，使用可鑄性耐火泥進行耐火保溫材料施工。燃燒器為過賸空氣燃燒器(excess air burner)，使用液化石油瓦斯(LPG)為燃料，並配置瓦斯、空氣電磁控制閥、瓦斯空氣配比調節閥、點火控制器、低噪音鼓風機、和 UV 火焰監視器及控制迴路。再燃燒爐之爐內溫度應控制在 800℃，配備應含溫度調整器、爐溫及爐壓顯示記錄器。使用裝置應註明規格、廠牌並附型錄。
- (9) 消耗及備品、保固及維護、以及驗收方式：
- (a) 針對耐火加熱爐整體系統在正常操作下所需之消耗品及備

品，設計規劃書中應明列消耗品及備品之名稱、規格、使用或更新期程、供應來源及預估費用。

- (b) 耐火加熱爐整體系統之採購興建，其保固期限至少一年。設計規劃書中應明列維護規劃，述明定期維護工作之項目、內容、期程及預估費用，並得依事實需要另行簽訂維護合約。
- (c) 耐火加熱爐整體系統之驗收方式，(i)設備功能的主要依據為 ISO 834 規範，同時參考其他輔助規範，如第(2)項所述，(ii)單項儀器配備依規格、廠牌及型錄驗收，單項儀器配備於進場施工時應先行登錄檢驗，(iii)整體系統運作則依 ISO 834 規範進行試車，加載及未加載試驗皆須至少試車兩次，詳細試車內容得依事實需要另行約定，(iv)應提供完整之說明書、操作及維護手冊，內容包括：基本設計圖面及說明、水電及訊號線路圖及說明、儀控線路圖及說明、操作程序及說明、維護程序及說明、安全及緊急應變措施、以及單項儀器配備之規格、廠牌及型錄等，(v)應提供完整之人員訓練課程。

## 參、非工程類實驗儀器設備

非工程類實驗儀器設備將分別設置於防火材料實驗館中的耐燃材料實驗室、防焰材料實驗室和燃燒煙毒實驗室，及耐火結構實驗館中的部材防火實驗場，並包含各實驗設施所需之通用實驗儀器。上述非工程類實驗儀器設備之購置項目及需求等級，請參見表二；而其基本規範，則請參見八十八年三月十五日諮詢會議之參考資料，「建築防火實驗群非工程類實驗儀器設備資料彙編」【4】。

為了進行各單項儀器設備細部規格之調查及編訂，吾人擬定儀器設備採購規範內容，包括：設備規範、設備性能、本體規格、附屬配備、相關尺寸、用電需求、供水需求、空氣供應、燃料供應、排氣設施、排氣後處理、有毒物處理、廢棄物處理、工安設施、與相關儀器配合需求、其他需求、消耗及備品、保固及維護、以及驗收方式等項目。由於儀器設備項目繁多（部分項目之採購規範列於附錄一，以茲參考），無法一一於本文中詳列，吾人於此僅以耐燃材料實驗室之圓錐量熱儀(Cone Calorimeter)為範例（表三），加以說明。圓錐量熱儀之設備規範主要依據 ASTM E1354 和 ISO 5660-1，而研擬時係以 ASTM E1354 為主；設備性能要求，包括：量測評估材料之熱釋放率、質量損失率、有效發熱量、引燃特性、及發煙特性等項目；本體規格則涵蓋：錐形輻射加熱器、排氣系統、質量量測系統、試件固定系統、點火系統、氧分析儀和氣體取樣系統、煙霧遮蔽量測系統、實驗控制管理、數據擷取和分析系統等八大部分，詳細採購規範如表三所列細目。本系統需要於實驗室中安置排氣設施，並連接至實驗大樓排氣系統，現階段實驗大樓正在施工中，而且實驗室及儀器設備之相關配置尚未確定；因此，排氣設施、有毒物及廢棄物處理部分，將配合大樓施工完成及實驗室配置確定後，再進一步規劃。

本案完成調查編訂之儀器設備，將個別建檔以利爾後採購開標作業以及試車驗收時參考使用，各個儀器設備資料檔案內容包括：(1) 型錄或說明書，(2) 基本設計圖面，(3) 安裝及操作手冊，(4) 報價單，(5) 相關文獻或技術資料等相關文件。

表三 內政部 建築研究所 防火實驗群 儀器設備採購規範（範例）

設備編號		購置年月	____年__月
設備名稱	圓錐量熱儀(Cone Calorimeter)		
安置地點	耐燃材料實驗室	實驗室編號	Rm. _____
項 目	內 容 描 述		備 註
設備規範	<p>本設備用於量測評估材料暴露於可調強度輻射熱源下，在具或不具外加引燃狀況之反應特性；包括量測材料之引燃特性、熱釋放率、質量損失率、有效發熱量、發煙特性、及毒氣分析等。設備規範為 ASTM E1354 和 ISO 5660-1，如下：</p> <p><b>ASTM E1354</b> Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter</p> <p><b>ISO 5660-1</b> Fire tests – Reaction to fire – Part 1: Rate of heat release from building products (Cone calorimeter method)</p>		
設備性能	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用耗氧原理（<math>13.1\text{MJ} / 1\text{kg O}_2</math>）評估材料之單位面積熱釋放率(heat release rate per unit area)，量測項目包括： <ol style="list-style-type: none"> <li>(a)耗氧量(oxygen consumption, mole fraction)和排氣流率(exhaust flow rate, <math>\text{m}^3/\text{s}</math>)，</li> <li>(b)最高單位面積熱釋放率(maximum heat release rate per unit area, <math>\text{kW}/\text{m}^2</math>)，</li> <li>(c)不同時段平均單位面積熱釋放率(average heat release rate per unit area, <math>\text{kW}/\text{m}^2</math>; specified at 60, 180, and 300sec after ignition, or for other appropriate periods)，</li> <li>(d)全發熱量(total heat released by specimen, <math>\text{MJ}/\text{m}^2</math>)。</li> </ol> </li> <li>2. 量測材料之單位面積質量損失率(mass loss rate per unit area, <math>\text{g}/\text{m}^2\text{s}</math>)，配合前項所求得單位面積熱釋放率，可求得材料之有效燃燒熱(effective heat of combustion, <math>\text{MJ}/\text{kg}</math>)。</li> <li>3. 利用光的遮蔽程度(obscuration of light)量測平均比熄滅面積(average specific extinction area, <math>\text{m}^2/\text{kg}</math>)，來評估材料之發煙特性(smoke development)。</li> <li>4. 量測材料自暴露於外加引燃源(external ignition)之瞬時到產生穩焰所需時間(time to sustained flaming, sec)，來評估材料之引燃特性(ignitability)。</li> </ol>		
本體規格	<p>依據 ASTM E1354 規範，本設備本體規格概述如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 錐形輻射加熱器(conical-shaped radiant electric heater) <ol style="list-style-type: none"> <li>(a)雙層不銹鋼製錐形罩內側緊密纏置電熱元件，其最大加</li> </ol> </li> </ol>		

<p style="text-align: center;"><b>本體規格</b></p>	<p>熱功率為 5000W，錐形罩夾層內置密度約為 100kg/m<sup>3</sup> 之耐火材料。</p> <p>(b)加熱器可調整為垂直或水平擺置，提供試件表面之最高發熱量(irradiance)可達 100kW/m<sup>2</sup>，發熱量在試件中心 50 x 50mm 區域之均勻度於水平擺置時為±2%，垂直擺置時為±10%。</p> <p>(c)使用溫度控制器及三根對稱分布且直接接觸於電熱元件之 K 型不銹鋼外鞘熱電偶來控制加熱器之發熱量。電熱元件溫度控制必須在±2 範圍。溫度控制器具冷接點自動補償裝置，溫度輸入範圍為 0~1000 ，刻度讀值準度需達 2 或更佳。</p> <p>(d)燃燒試驗區安置可開啟且易拆卸之耐高溫透明視窗。</p> <p>2. 排氣系統(exhaust system)</p> <p>(a)排氣系統由耐高溫排氣風機、錐形集氣罩、排氣風機前端進氣風管(intake duct)和後端排氣風管(exhaust duct)組成，排氣流率操作範圍為 0.012~0.035m<sup>3</sup>/s。</p> <p>(b)錐形集氣罩和進氣風管間置一侷限孔口(restrictive orifice)以促進氣體混合，進氣風管上配置一氣體取樣環形探針(gas sampling ring probe),並預留煙霧遮蔽量測位置、煙灰收集(soot collection)量測位置和熱電偶量測孔。</p> <p>(c)後端排氣風管上配置一孔口板流量計(orifice plate flowmeter)以量測排氣流速，而置一熱電偶以量測排氣溫度。</p> <p>3. 質量量測系統(mass loss measurement system)</p> <p>利用負荷單元(load cell)量測試件質量變化，負荷單元量測範圍可達 1000g，準度則為 0.1g。</p> <p>4. 試件固定系統(specimen mounting system)</p> <p>(a)依據 ASTM E1354 規範。</p> <p>(b)試件固定可調整為垂直或水平擺置。</p> <p>5. 點火系統(ignition system)</p> <p>(a)外加引燃源由火星塞(spark plug)和 10kV 變壓器所組成。</p> <p>(b)引燃計時器(ignition timer)之準度為 1 小時量測值之誤差小於 1 秒。</p> <p>6. 氧分析儀和氣體取樣系統(oxygen analyzer &amp; gas sampling system)</p> <p>(a)順磁型(paramagnetic type)氧分析儀，量測範圍為 0~25% O<sub>2</sub>，量測值之重現性(repeatability)誤差低於 100ppm；分析儀應具線性反應，1/2 小時量測期間偏差不能超過</p>	
--	---	--

<p><b>本體規格</b></p>	<p>±50ppm (均方根值)。</p> <p>(b)分析儀可依據取樣流體之壓力和溫度進行補償調整。</p> <p>(c)氣體取樣系統使用幫浦(pump)藉著氣體取樣環形探針於進氣風管中抽取氣體，使其經過煙灰過濾(soot filter)、冷凝去除水分、乾燥、去除二氧化碳和微粒過濾(7µm filter)等過程後，再進入氧分析儀，最後經由流量計排出於大氣中。</p> <p>(d)氣體取樣系統之迴路應預留接點，以便未來外接水分分析和毒氣分析設備(HCL, THC),以及CO和CO<sub>2</sub>分析儀。</p> <p>7. 煙霧遮蔽量測系統(smoke obscuration measuring system)</p> <p>(a)量測系統包含 1mW 氦氖雷射(He-Ne laser)、主要和參考檢知器(detector)、電子和光學元件，整體系統分成兩截而利用耐火襯墊(refractory gasket)和繫軛(split yoke)緊箍於進氣風管。</p> <p>(b)煙霧遮蔽量測位置上的進氣風管兩側焊接兩根細管，用來調節雷射光，同時容許煙霧積附於管壁而避免污染光學元件。</p> <p>(c)配備兩組經由雷射波長 0.6328µm 校準且具不同值(0.3, 0.8)之校正濾鏡(neutral density filter)。</p> <p>8. 實驗控制管理、數據擷取和分析系統(system control, data acquisition and reduction)</p> <p>(a)實驗控制管理系統為視窗式控制軟體(windows based software)，可自動啟動、校正和進行試驗，試驗進行中可以圖形曲線及數值同步顯示各項實驗數據變化，以進行現場監控。</p> <p>(b)數據擷取和分析系統包含完整之統計和數值運算程式，可外接商用軟體或自設程式連接。</p> <p>(c)電腦和列印機為目前市面最新型式和機種。</p>	
<p><b>附屬配備</b></p>	<p>1. 熱吸收計(thermal absorber)</p> <p>錐形加熱器作用下，使用水冷式熱吸收計為試件預先定位，可提升引燃時間量測之準度。</p> <p>2. 熱通量校正(heat flux calibration)</p> <p>(a)錐形加熱器之發熱量由溫度控制器來控制，而其設定和調整則使用熱通量計(heat fluxmeter)來校正。</p> <p>(b)熱通量計可為箔片式(foil)或熱堆式(thermopile)，水冷式圓形輻射接收面需平整，且披覆耐久暗黑(matt-black)塗層；量測範圍需達 100kW/m<sup>2</sup>，準度需在±3%範圍內，重現性需在 0.5%範圍內。</p>	

<b>附屬配備</b>	3. 熱釋放率校正(heat release rate calibration) (a)使用校正燃燒器(calibration burner)進行熱釋放率校正。 (b)校正燃燒器為一方形長銅管，其方形孔口外罩整流網用以擴散燃料，本體則以陶瓷纖維包覆；燃燒器使用純度99.5%以上甲烷為燃料，利用流量計控制甲烷流率，使得燃燒器產生 10kW 熱釋放率。	
<b>相關尺寸</b>	本體之長、寬、高和重：165(L) x 60(W) x 250(H) cm；300kg 附屬配備之長、寬和高：小型設備三件。 整體操作空間之長、寬和高：另行估量。	
<b>用電需求</b>	220VAC, 40 Amps, 60Hz, single phase	
<b>供水需求</b>	Tap water 3L/min, 241kPa (35psi)	
<b>空氣供應</b>	No oil/water compressed air, 620kPa (90psi)	
<b>燃料供應</b>	Methane (UHP 99.9%), 25L/min	
<b>標準氣體</b>	Oxygen-free nitrogen (UHP 99.9%), 5L/min	
<b>排氣設施</b>	需外接實驗大樓排氣系統。	
<b>排氣後處理</b>	各實驗室排氣連接至實驗大樓排氣系統，再整體考量。	
<b>有毒物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>廢棄物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>工安設施</b>	依工安標準辦理。	
<b>與相關儀器配合需求</b>	可外接煙灰收集(soot collection)分析設備，毒氣分析設備(HCL, THC)，以及 CO 和 CO <sub>2</sub> 分析儀。	
<b>其他需求</b>		
<b>消耗及備品</b>	消耗品： 備品：	
<b>保固及維護</b>	保固條件：保固一年。 維護措施：依事實需要另行簽訂維護合約。	
<b>驗收方式</b>	1. 設備性能和規格應符合本採購規範及 ASTM E1354 規範。 2. 應檢附出廠校驗證明、設備使用說明及維護手冊、系統操作電腦軟體、及原廠保證書。 3. 設備之校正和運轉，經試車一個月合格後驗收。	
<b>附件</b>	檢附下列資料以供參考： 1. 依據規範： <u>ASTM E1354 和 ISO 5660-1 (略)</u> 2. 型錄或說明書： <u>Cone Calorimeter III, Combustion Analysis System, Toyo Seiki Seisaku-Sho, LTD. (附件一)</u> 3. 報價單： <u>Cat. No.607, Cone Calorimeter III, Model: C3, 富友企業有限公司 (附件二)</u> 4. 文獻或技術資料： <u>Cone Calorimeter III C3, 各類文件簡介說明, 富友企業有限公司 (附件三)</u>	



## 肆、消防安全研究用試驗設備

消防署在「設立消防安全設備檢定機構四年中程計畫」中，規劃建立滅火試驗場、滅火撒水試驗場、火警警報設備試驗場、綜合機械試驗場、以及滅火實驗用之排煙淨化設備，用於受理各項消防機具、設備器材之檢驗、委託試驗及性能評定作業、提出各項試驗報告或相關證明書。規劃內容關於消防機具、器材及設備應施檢驗項目，則歸類如下：(1)滅火器、(2)滅火器用滅火藥劑、(3)火警探測器和發信機、(4)火警受信總機、(5)緊急自動照明燈、(6)緊急廣播設備、(7)撒水頭、(8)流水檢知裝置、(9)一齊開放閥、(10)消防用水帶、(11)避難器具、(12)動力消防幫浦等項目。

吾人了解「防火安全」與「消防安全」具有相同的標的物（問題點）- 火災，但是兩者面對問題點的解決方法卻不盡相同。防火安全強調火災之預防和避免，故需探究火災的起因、成長和衰減，以及材料的耐燃、防焰和煙毒性；消防安全則需面對火災之預知、避難和撲滅，除了需了解火災特性外，尚需探究煙霧、溫度之檢知和預警，緊急逃生避難方法，以及主動、被動滅火和排煙系統。解決問題的方法不盡相同，但仍具有相當程度的關聯性和互補性；尤其從研究的角度來看，防火和消防確有其一貫性。目前建築防火實驗群所設置的耐火結構實驗館、全尺寸火災實驗館和屋外火災實驗場，皆規劃未來進行大型火災實驗；藉著這些大型火災實驗設施，再配合必需的滅火試驗設備，吾人可延伸進行一系列消防實驗。火災實驗設施和滅火試驗設備的緊密配合，有助於進行一貫性的防火和消防安全研究，更可以避免重覆投資購買設備儀器，節省經費進而達到資源整合。

吾人於此章節中，首先介紹國外研究試驗機構如何結合火災實驗和消防實驗，接著以國內使用大尺度燃燒分析裝置進行撒水滅火實驗為例說明，最後再針對消防實驗所需試驗設備提出建議。本案所建議之消防安全研究用試驗設備，將配合大型火災實驗設施使用，而消防署所規劃有關消防機具、設備器材之檢驗設備並非本案建議範圍。

## 一、國外研究試驗機構

英國 BRE (Building Research Establishment Ltd)的分支部門 FRS (Fire Research Station)目前擁有 10MW 大尺度燃燒分析裝置(large fire calorimeters)、和配置撒水頭之量熱儀(sprinklered calorimeter)，可從事消防安全研究，如：被動式(passive)滅火、主動式(active)滅火 - 檢知、撒水頭及水噴霧、以及感煙、排煙和煙控系統等。英國 LPC (Loss Prevention Council)實驗室也擁有消防試驗設備，可從事各種消防機具、器材及設備之檢測，諸如：手提滅火器、滅火毯、自動撒水頭、水噴霧、氣體滅火器、煙霧、熱和 CO 檢知器、家用感煙器、及火災警報系統等。

德國 Minimax 公司除了生產和銷售各種消防機具、器材及設備外，設置有火災研究中心；兩個火災實驗場面積皆為 100m<sup>2</sup>，高度則各為 12m 和 4m，每個實驗場之天花板配置撒水性能可達 60L/min/m<sup>2</sup>之撒水頭系統，同時設有 CO<sub>2</sub>系統（含 3,300kg 低壓儲氣槽）、高膨脹型泡沫產生器（600,000L/min）、另一面積 21.5m<sup>2</sup>、高度 5m 之小型實驗場用於分析小型火災，配置有三種 Argotec 高壓( Argon, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>)滅火系統。實驗場中設置撒水頭實驗室、20m 長風洞、閘門及配合接件測試區、撒水測試區、特殊測試裝備、監測系統測試區、以及排煙、儲水和廢水處理設備等。

屬於美國 NIST 之 BFRL (Building and Fire Research Laboratory)實驗室，其防火安全工程(Fire Safety Engineering)部門，擁有防火安全系統(Fire Safety Systems)、大型火災研究(Large Fire Research)和火災動力(Fire Dynamics)三個研究群。防火安全系統研究群著力於建立火災成長和煙霧輸送之即時預測模式，其中包括發展消防設施警報控制面板(Fire Service Alarm Panel)、建立預測模式(如：CFAST, FAST, FASTLite, 和 Hazard I)和火災測試數據資料庫(FASTData Fire Test Database)，並經由實驗（天花板高層從小於 1m 一直到 22m）發展火災檢知策略，用以預測熱感應器、煙霧感應器和撒水頭的檢知作動能力。大型火災研究研究群則經由大尺度火災試驗，發展技術用於評估

消防員防火衣、縱火模式判定、滅火劑（如泡沫滅火測試）、消防系統、以及火災模式（如室外煙柱散佈模式）。BFRL 另一火災科學(Fire Science)部門中的火災檢知和滅火(Fire Sensing and Extinguishment)研究群，則利用 FE/DE (fire-emulator/detector-evaluator)系統建立新型檢知技術，以避免常見干擾源。美國 NIST 之 BFRL 實驗室在 1998 年共執行 152 個研究專案，吾人針對與滅火消防相關之研究專案，擇其部分摘錄，並彙整於附錄二，以作為參考。

美國 UL (Underwriters Laboratories)公司的大尺度火災試驗棟，包括四個測試區，(1)主要火災測試區用來分析撒水頭系統功能、商品倉儲（標準、或非標準倉儲）防火性能、以及評估新型倉儲技術和防火策略；(2) 10MW 熱釋放量熱儀(heat release calorimeter)用來量測各式火災釋放出的能量，配合臨界噴水率(required delivered density, RDD)設備，可評估滅火所需之噴水量，進而作為規劃滅火設備之指標；(3) 實際噴水率(actual delivered density, ADD)測試區用來測試火災試驗和 RDD 試驗所使用撒水頭系統之實際噴水率、水分布特性，水分布特性測試也作為特定用途撒水頭之部分檢測項目；(4)都卜勒粒徑分析儀(Phase Doppler Particle Analyzer, PDPA) 用來量測撒水頭產生水噴霧之粒徑分布和噴射速度，測試結果可作為製造撒水頭的設計參考。

美國 FM (Factory Mutual Research)公司的測試中心主要用來進行各種產物保險科學研究，其中大尺度火災測試（使用 10MW 量熱儀）可以實際演練足尺度的倉庫或大賣場火災，並且進行撒水滅火實驗。

## 二、國內使用大尺度燃燒分析裝置

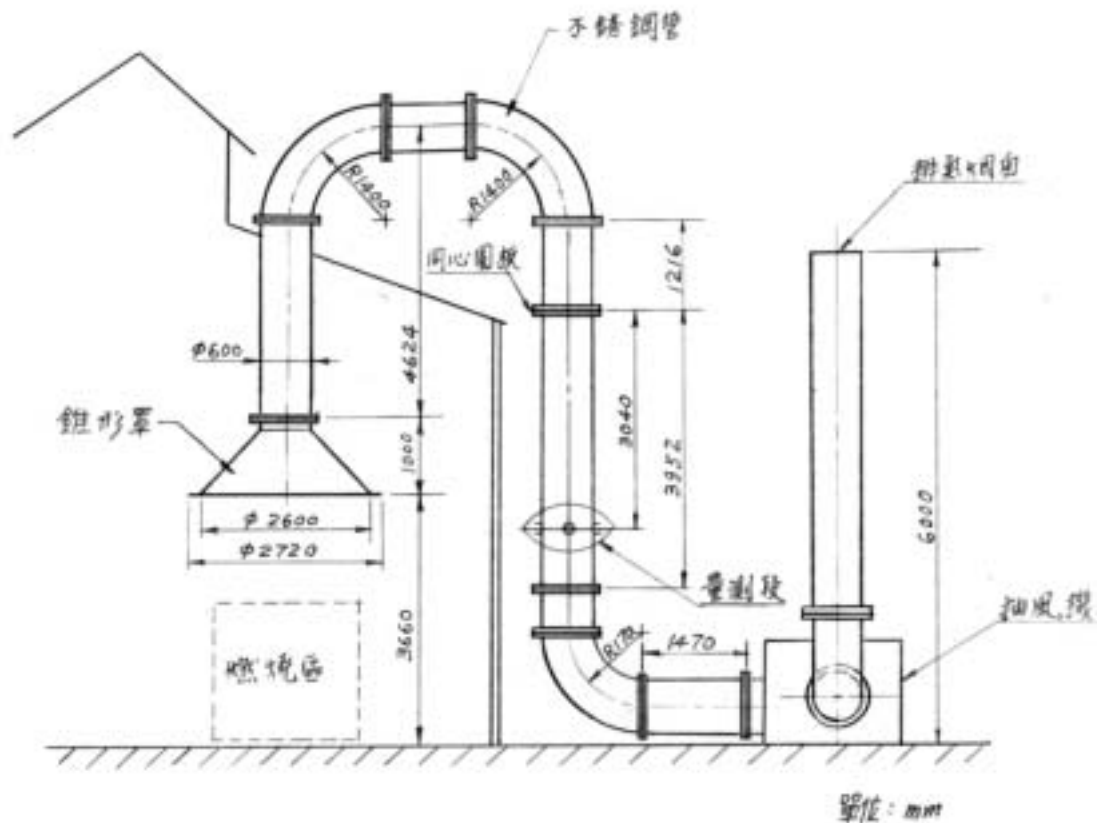
吾人於此小節中，概述大尺度燃燒分析裝置之研發歷史和研究目的，同時以過去建立 1MW 大尺度燃燒分析裝置之經驗【12】，說明撒水滅火實驗所需相關儀器設備配置，以作為規劃參考。

為了瞭解燃料燃燒之放熱率變化過程，尤其是複雜的固態燃料組列燃燒過程，Tewarson【13】於 1976 年，建立一小尺度(laboratory-scale)火焰燃燒產物收集器(fire products collector)，其火焰尺度(fire size)，

亦即最大總放熱率(total heat release rate)約為 10kW；而置於空氣中燃燒，所使用的燃料包括甲烷、乙烷、聚苯乙烯(polystyrene)及甲基丙烷聚合物(polymethylmethacrylate)等。由收集器後端量測得到的燃燒產物溫度、流速、以及一氧化碳和二氧化碳的產生率，可以進而計算得到對流放熱率(convective heat release rate)及總放熱率；其特點為燃料的燃燒過程不與燃燒產物收集器相互作用，不須經繁複的修正程序即能直接量測得到數據。由於一般災變現場的火焰尺寸相當大，Heskestad【14】進而擴大發展建立一大尺度燃燒產物收集器，其火焰尺度可至 MW 以上，其測試燃料為甲醇與木板架。Babrauskas【15】利用燃燒產物收集器，對甚多燃料進行放熱率分析，針對從木框架底部整體點燃及中間點燃的方式不同，提供了質量燃燒率的經驗公式。Bill 等人【16】則用燃燒產物收集器量測沙發椅(upholstered chair)、及彈簧床(standard hotel bed)的燃燒放熱率變化過程，其所用的燃燒產物收集器的最大對流放熱率尺度約為 1.5MW。結果發現實驗所用的二張沙發椅之最大總放熱率為 1.6 及 1.4MW，最大對流放熱率為最大總放熱率之 55%及 56%；而且燃燒變化過程亦不盡相同，即分別在 121 秒與 77 秒時放熱率開始快速成長，當達到最大放熱率後再下降。總放熱率下降的趨勢，比對流放熱率來的陡峭，乃因輻射放熱率(radiative heat release rate)迅速下降之故。最後在總放熱率約為 400kW，對流放熱率約為 250kW 時，兩者皆以穩定而極為緩慢的方式漸漸下降。

為了研究自動撒水系統對於火災預防的效應，必須探討放熱率變化過程、和抑制火焰之臨界噴水率(required delivered density, RDD)。Lee【17, 18】研究倉庫包裝(pack storage)的火焰抑制特性，當包裝只有部分燃燒時，撒水頭在包裝上方開始噴水，直接噴至包裝頂部；同時定義 RDD 為：當噴水後，燃料放熱率迅速下降，而且未燃部分因熱量供應不足，放熱率無法再次增高，所需之單位包裝頂部面積的臨界噴水率。影響 RDD 之參數為倉庫包裝的層數、擺置方式、和噴水時的質量預焚百分比，結果發現隨倉庫包裝組列和質量預焚百分比的增加，抑制火焰所須之噴水率隨之增加。

民國 78 年，成大機械系經由國科會經費補助【12】，並借助於美國 FM 公司孔祥徵先生的技術協助，建立 1MW 大尺度燃燒分析裝置（如圖六所示），以研究自動撒水系統對於火災預防的效應。吾人針對燃料放熱率的增長衰減過程，以及適時噴水下放熱率之變化過程和火焰被抑制之現象，進行深入之實驗探討【12】。其中，抑制火焰之單位面積臨界噴水率，噴水狀況下質量燃燒率、對流放熱率及輻射放熱率之變化為研究分析之重點。本實驗採用具有簡單三維結構的木框架為燃料，來模擬可燃傢俱之燃燒過程；由重量平台量測木框架的質量燃燒率及預焚百分比，輻射計量測量其輻射放熱率變化過程；同時建立一燃燒產物收集器（如圖六所示）量測其對流放熱率、及總放熱率變化過程。燃燒產物及環境空氣被吸入燃燒產物收集器內，經由同心圓板作用使混合流體流至量測段時形成均勻的溫度、速度及濃度分佈。吾人可使用 K 型熱電偶及雙向速度儀單點量測其溫度及速度，進而計算得對流放熱率；並抽取混合流體至氣體分析儀，量測其氧



圖六 大尺度燃燒分析裝置【12】

氣、一氧化碳及二氧化碳之質量分率，再計算得總放熱率。木框架火焰實驗在開放空間進行，以不同的噴水率，在不同的質量預焚百分比下，直接噴水在不同層數的木框架上，用以分析其火焰抑制效應。在噴水狀況下，木框架燃燒所形成的放熱率，將由噴水率、噴水時的質量預焚百分比和木框架層數來修正。

### 三、消防實驗所需試驗設備

早期發展的燃燒產物收集器逐漸演變成目前所謂的圓錐量熱儀，世界上現有小尺度圓錐量熱儀約有 140 多套。至於大尺度燃燒產物收集器，火焰尺度目前可達 10MW，此類大尺度燃燒分析裝置全世界現今有 3 套，分別在英國 BRE 的 FRS 部門、美國 UL 公司、和美國 FM 公司。本案所規劃的 10MW 大尺度燃燒分析裝置，將是全世界第四套。

由上述國外經驗和國內過去的研究心得【12】，吾人建議使用本案已規劃之 10MW 大尺度燃燒分析裝置（部材防火實驗室），配合氣體分析系統、重量平台、熱輻射計、撒水頭系統等必需設備，應可順利進行消防實驗；使用都卜勒粒徑分析儀、Malvern 粒徑分析儀、水霧化特性量測設備、風洞，則可進一步評估撒水頭系統之功能。

## 伍、結論與建議

本計畫係針對「內政部建築研究所建築實驗設施設置修正計畫」之建築防火實驗群實驗儀器設備，依循八十八年三月十五日於本所召開「建築防火實驗群實驗設施設備儀器規劃」諮詢會議，所確認儀器設備之購置項目及基本規範，進行各單項儀器設備細部規格之調查及編訂，以利隨後展開的採購開標作業，能確保採購物品之品質及功能，並順利完成試車驗收。

工程類實驗儀器設備主要設置於耐火結構實驗館中的耐火結構實驗場，包括門牆用、柱用、樑及樓板用和綜合性等四個耐火加熱爐，其中綜合性耐火加熱爐在預算額度考量下，已延後其設置時間。本研究針對門牆用、柱用、樑及樓板用等三個耐火加熱爐，完成細部規格之調查及編訂，並建議耐火加熱爐之採購開標及試車驗收規範。

非工程類實驗儀器設備將分別設置於防火材料實驗館中的耐燃材料實驗室、防焰材料實驗室和燃燒煙毒實驗室，及耐火結構實驗館中的部材防火實驗場，並包含各實驗設施所需之通用實驗儀器。本研究完成各單項儀器設備細部規格之調查及編訂，內容包括：設備規範、設備性能、本體規格、附屬配備、相關尺寸、用電需求、供水需求、空氣供應、燃料供應、排氣設施、排氣後處理、有毒物處理、廢棄物處理、工安設施、與相關儀器配合需求、其他需求、消耗及備品、保固及維護、以及驗收方式等項目。本案完成調查編訂之儀器設備，將個別建檔以利爾後採購開標作業以及試車驗收時參考使用，各個儀器設備資料檔案內容包括：(1)型錄或說明書，(2)基本設計圖面，(3)安裝及操作手冊，(4)報價單，(5)相關文獻或技術資料等相關文件。

關於消防安全研究用試驗設備，吾人介紹國外研究試驗機構如何結合火災實驗和消防實驗，並以國內使用大尺度燃燒分析裝置進行撒水滅火實驗為例說明，最後再針對消防實驗所需試驗設備提出建議。

由於實驗設施正在施工中，而且實驗室及儀器設備之相關配置尚未確定；有關空氣和燃料供應、排氣設施、有毒物及廢棄物處理部分，將配合大樓施工完成及實驗室配置確定後，再進一步規劃。

## 陸、參考文獻

1. 「內政部建築研究所建築實驗設施設置計畫」，行政院台八十五內三七八七 號核定通過，八十五年十月二十九日。
2. 「內政部建築研究所建築實驗設施設置修正計畫」，行政院台八十七內三七五八四號函同意備查，八十七年七月二十七日。
3. 「建築防火實驗群實驗設施設備儀器規劃」諮詢會議，內政部建築研究所，八十八年三月十五日。
4. 林大惠，「建築防火實驗群非工程類實驗儀器設備資料彙編」，八十八年三月。
5. 林大惠，「參訪考察報告（日本使用耐火加熱爐單位）」，八十八年九月十日，參見期中報告附錄一。
6. 西垣太郎，「大型耐火實驗裝置」，建築防災，pp.23-28，1999年3月，參見期中報告附錄二。
7. “Fire-resistance tests – Elements of building construction – Part 1: General requirements,” ISO 834-1, First Edition, 1999-09-15.
8. “Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials,” ASTM E119 – 98, April 1998.
9. 「建築用防火門耐火試驗法」，中國國家標準，總號 11227，類號 A3223，86年10月21日。
10. “Fire-resistance tests – Door and shutter assemblies,” ISO 3008, First Edition, 1976-04-01.
11. 「建築物構造部分耐燃檢驗法」，中國國家標準，總號 12514，類號 A3305，78年5月19日。
12. 「水對固態燃料組列的火焰抑制研究」，國科會專題研究報告，NSC78-0401-E-006-08，七十九年三月三十一日。
13. Tewarson, A., “Heat Release Rates from Burning Plastics,” Journal of Fire and Flammability, Vol.8, p.115, 1977.
14. Heskestad, G., “A Fire Product Collector for Calorimetry into MW Range,” FMRE Technical Report, June 1981.

15. Babrauskas, V., "Burning Rates," the SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, (DiNenno ed.-in-chief), Chapter II-1, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1988.
16. Bill, R.G., Jr., Brown, W.R., Hill, E.E., Jr., and Stavrianidis, P., "Sprinkler Research, Task 1: Fire Growth and Plume Measurements," FMRE Technical Report, 0Q5N0. RA070 (A), July 1989.
17. Lee, J., "Extinguishment of Rack Storage Fire of Corrugated Cartons Using Water," Fall Technical Meeting of Eastern Section, The Combustion Institute, Clearwater Beach, Florida, Dec. 3-5, 1984.
18. Lee, J., "Early Suppression Test Response (ESTR) Program, Phase I: Determination of Required Delivered Density (RDD) in Rack Storage Fires of Plastic Commodity," FMRE Technical Report, May 1984.

## 柒、本研究案相關附件

### 一、研究計畫諮詢會議（八十八年九月十六日）

#### 會議記錄：

1. 可否準備英文簡介資料，以備若明年建研所主辦 FORUM 會議使用。
2. 消防研究設施器材可否納入規劃。
3. 本案於本年度應以設備規格、驗收要點、預估經費及設備之操作技術方面進行研究。

#### 處理情形：

1. 目前實驗設施正在進行土建工程，實驗儀器設備尚未進行採購作業，無法建立明確之簡介資料；爾後實驗設施及儀器設備建設完成，將著手編撰英文簡介資料。
2. 已納入初步規劃，設備規格及採購作業，將視預算編列而進行。
3. 遵照辦理。

### 二、研究計畫期中簡報（八十九年三月三十日）

#### 會議記錄：

1. 請儘速完成完整防火研究實驗設備規格訂定，並儘速完成建置以利國內建築防火研究。
2. 防火實驗群完成構築及相關設備完成建置以後，對於操作、維護技術人力應加以考慮。
3. 耐火構件實驗設備之柱用及樑板用耐火實驗爐，能合併為一多功能耐火實驗爐方式較為適宜。
4. 結構柱耐火實驗部分，特別是高荷載部分，應特別注意其操作實驗之安全性。
5. 數位式影像之收集設備為未來趨勢。
6. 柱爐之加載實驗時，應考量測試中之安全性。
7. 贊同將柱、樑板耐火實驗爐複合，惟建議將柱爐部分置於中間。

8. 儀器設備規格研擬建議應再詳細，才能對後續研究及招標有所助益。
9. 儀器設備方面建議增加煙控及撒水系統之檢測設備。
10. 設備規格除符合檢測所需外，應以研究需求為主。
11. 請考量本所防火實驗群空間及防火研究試驗未來之發展，提供中長期儀器設備項目及性能要求之建議。
12. 與建築工程結合及配合事項請洽成大總務處。
13. 儀器設備採購規格開列，請函括行政院核定計畫內儀器設備項目及目前本所五股防火實驗室之搬遷項目及核定計畫經費運用方式。

處理情形：

7. 將柱爐置於多目的爐中間，會影響爐內燃燒器之配置及操控，試驗操作及加載系統也需要修正；此一變更之可行性需要進一步評估。
  9. 已納入初步規劃，設備規格及採購作業，將視預算編列而進行。
  12. 本案已考慮中長期儀器設備項目及性能要求。
- 其他各項建議，遵照辦理。

### 三、研究計畫期末研討（八十九年十月十八日）

會議記錄：

林教授慶元 -

1. 建議配合建研所所規劃日後階段性研究計劃（如性能法規、防火工程）之發展，決定設備採購程序，以利研究進行。

郭教授炳林 -

1. 本案報告呈現完整規劃與具體整理成果，足見研究團隊的努力及認真。
2. 多功用耐火爐之設計應多考慮研究應用上擴充性，例如可加裝扭力加載裝置、更換柱體加載底盤座，以配合不同研究需要。
3. 建議增添研究防火材料高溫行為的應用儀器「熱重分析儀(TGA)」

(按目前防火試驗室已有，未來將遷移至成大歸仁校區新實驗室)。

黃教授武達 -

1. 各種試驗設備之採購規格、性能要求有其專業性，招標完工後如何辦理驗收，應審慎考慮並提出建議以供建研所參考。
2. 試驗過程可能產生廢氣及其他公害廢棄物，應如何處置？又需要何種附屬之環保設施設備？宜提出可行性建議。
3. 考量建研所推動性能法規、設計法，應搭配建置哪些驗證用實驗設施、設備，請納入規劃。

莊教授書豪 -

1. 本案所稱「工程類」與「非工程類」設備有何區別？有無量化區分標準，請說明。
2. 綜合性耐火加熱在研究應用上相當重要，應儘量爭取預算編列採購。
3. 研究用設備到實用設備如何轉換，請說明。

處理情形：

1. 設備採購程序，將由建研所依其所規劃研究計劃之發展來決定。
2. 有關多功用耐火爐設計在研究應用上之擴充性，將與耐火爐得標廠商於細部規格議定時，磋商考慮。
3. 目前建研所防火試驗室已有熱重分析儀，未來將遷移至成大歸仁校區新實驗室。
4. 各種試驗設備之採購規範已包括驗收方式，可供建研所參考。
5. 吾人已考慮廢氣、公害廢棄物及環保設施設備，惟目前建築設施尚未完成，且經費有限，未來將會作整體考量。
6. 有關驗證用實驗設施、設備之規劃，非本案工作，未來將會另案考量。
7. 「工程類」設備是指大型耐火爐相關配備，「非工程類」設備則是小型個體性設備，係以採購作業差異來劃分，無量化區分標準。
8. 綜合性耐火加熱爐預算之爭取，尚有待努力。
9. 本案並未區分研究用設備或實用設備，研究用設備即是實用設備。

# 附 錄

## 附錄一

「內政部建築研究所防火實驗群非工程類儀器設備(部分)採購規範」

- 耐燃材料實驗室 - 「基材測試裝置」採購規範
- 耐燃材料實驗室 - 「表面(含穿孔)測試裝置」採購規範
- 耐燃材料實驗室 - 「氧指數法(高溫型)測試裝置」採購規範
- 耐燃材料實驗室 - 「圓錐量熱儀」採購規範
- 防焰材料實驗室 - 「垂直式防焰性測試裝置」採購規範
- 防焰材料實驗室 - 「45度防焰性測試裝置」採購規範
- 部材防火實驗室 - 「材料延燒特性測試裝置」採購規範
- 通用實驗儀器 - 「氣相層析質譜儀」採購規範
- 通用實驗儀器 - 「燃燒氣體連續分析系統」採購規範
- 通用實驗儀器 - 「高速防火影像分析系統」採購規範
- 消防研究用實驗儀器 - 「二維都卜勒粒徑分析儀」採購規範

## 附錄二

「美國 BFRL 實驗室 1998 年消防研究專案彙整」(部分摘錄)

## 內政部 建築研究所 防火實驗群 儀器設備採購規範

<b>設備編號</b>		<b>購置年月</b>	____年__月
<b>設備名稱</b>	基材測試裝置		
<b>安置地點</b>	耐燃材料實驗室	<b>實驗室編號</b>	Rm. _____

項 目	內 容 描 述	備 註
<b>設備規範</b>	<p>本試驗設備用於評估建築物室內裝修材料在火災初期之耐燃性，亦即發熱量及發熱速度；並配合表面試驗及附加試驗來評定上述材料之耐燃性級別，以作為此等室內裝修材料在火災初期引燃性能之評估。設備規範為 CNS 6532 及 JIS A 1321。</p> <p><b>CNS 6532</b> 建築物室內裝修材料之耐燃性試驗法。</p> <p><b>JIS A 1321</b> Test Method for Incombustibility of Interior Finish Material and Procedure of Buildings.</p>	
<b>設備性能</b>	將測試材料暴露於一安定之高溫環境中（ $750 \pm 10$ ）20分鐘，來評估此等材料在火災初期之發熱量及引燃特性。	
<b>本體規格</b>	<p>依據 CNS 6532 規範，本設備本體規格概述如下：</p> <p>1. 加熱爐本體</p> <p>(1) 加熱爐之構造，依據 CNS 6532 規範，應包括：通風遮蔽筒、空氣流入安定筒、遮風筒、電熱系統、試體支持框及支持棒等。</p> <p>(2) 加熱爐之熱源，須為具有固定電壓裝置之電熱系統。</p> <p>(3) 加熱爐應於插入標準耐火磚時，爐內熱電偶量測溫度在 <math>750 \pm 10</math> 情況下，能繼續加熱 30 分鐘以上。</p> <p>(4) 空氣流入安定筒應保持通暢，以免使爐內溫度產生不穩定現象。</p> <p>(5) 測試體大小：高度為 <math>50 \pm 3</math>mm，長、寬各為 <math>40 \pm 2</math> mm。</p> <p>2. 爐內溫度測定</p> <p>(1) 使用具有 CNS 5534 所規定 0.75 級以上精確度，外徑 1.6mm 以下，前端密封鞘型之 CA 熱電偶。</p> <p>(2) 須設置 2 個測熱點於距爐壁 <math>10 \pm 1</math>mm，壁高之中央，且與中心軸對稱之位置。</p> <p>3. 控制和記錄裝置</p> <p>(1) 應包括：電源開關、電壓及電流指示表、溫度調整鈕（室溫 <math>1200</math>）火焰檢知時間顯示、預熱用計時表等。</p> <p>(2) 配置熱電偶用於量測測試體中心和側面溫度，並安裝爐體溫度分布和控制用熱電偶。</p> <p>(3) 配置溫度記錄器、和紫外線火焰檢知裝置。</p>	

<b>本體規格</b>	(4) 爐內溫度控制範圍：室溫 1200 。 (5) 爐內溫度控制精度：設定最小單位 1 ，指示精度 $\pm 0.3\%$ / FS $\pm 1$ digit。	
<b>附屬配備</b>	1.符合 CNS 1468 (鋼線) 所規定之線徑 0.5mm 以下鋼線；用以緊密紮結測試體。 2.烘箱一台，用以乾燥測試體。 3.乾燥器一個，用以養護測試體。	
<b>相關尺寸</b>	1.本體之長、寬和高：依據 CNS 6532 規範。 2.附屬配備之長、寬和高：小型設備 2 件。 3.整體操作空間之長、寬和高：另行估量。	
<b>用電需求</b>	110VAC, 240 Amps 以上, 60Hz, single phase。	
<b>供水需求</b>	無。	
<b>空氣供應</b>	一般需求。	
<b>燃料供應</b>	無。	
<b>排氣設施</b>	需外接實驗大樓排氣系統。	
<b>排氣後處理</b>	各實驗室排氣連接至實驗大樓排氣系統，再整體考量。	
<b>有毒物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>廢棄物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>工安設施</b>	依工安標準辦理。	
<b>與相關儀器配合需求</b>	需切割機製作測試體。 配合表面試驗及附加試驗設備，可評判測試體之耐燃級數。	
<b>其他需求</b>	無。	
<b>消耗及備品</b>	消耗品：熱電偶、鋼線、記錄紙等。 備品：標準試片、記錄筆、試體支持架等。	
<b>保固及維護</b>	保固條件：保固一年。 維護措施：依事實需要另行簽訂維護合約。	
<b>驗收方式</b>	1.設備性能和規格應符合本採購規範及 CNS 6532 規範。 2.應檢附出廠校驗證明 設備使用與維護手冊 及原廠保證書。 3.設備之校正和運轉，經試車一個月合格後驗收。	
<b>附件</b>	檢附下列資料以供參考： 1.依據規範： <u>CNS 6532 A3113 (略)</u> 2.型錄或說明書： <u>日本電化工機株式會社, No.701, 基材試驗機 (附件一); Toyoseiki, No.604, ISO Elementary Material Heating Furnace (附件二)</u> 3.基本設計圖面： <u>日本電化工機株式會社, No.701, 基材試驗機 (附件一)</u> 4.報價單： <u>三朋儀器股份有限公司 (附件一); 富友企業有限公司 (附件二)</u>	



## 內政部 建築研究所 防火實驗群 儀器設備採購規範

<b>設備編號</b>		<b>購置年月</b>	____年__月
<b>設備名稱</b>	表面（含穿孔）測試裝置		
<b>安置地點</b>	耐燃材料實驗室	<b>實驗室編號</b>	Rm. _____

項 目	內 容 描 述	備 註
<b>設備規範</b>	<p>本試驗設備用於評估建築物室內裝修材料在火災初期之發熱速率及發煙濃度，並配合基材試驗及附加試驗來評定上述材料之耐燃性級別，以作為此等室內裝修材料在火災初期引燃性能之評估。設備規範為 CNS 6532 及 JIS A 1321。</p> <p><b>CNS 6532</b> 建築物室內裝修材料之耐燃性試驗法。</p> <p><b>JIS A 1321</b> Test Method for Incombustibility of Interior Finish Material and Procedure of Buildings.</p>	
<b>設備性能</b>	<p>將測試材料暴露於加熱爐中，首先以副熱源加熱 3 分鐘，再以副熱源和主熱源一起加熱 7 分鐘（耐燃 3 級僅需 3 分鐘），合計 10 分鐘（耐燃 3 級合計 6 分鐘）；接著經由煙霧之光量測定與排氣溫度之量測，來評估此材料之耐燃性級別。</p>	
<b>本體規格</b>	<p>依據 CNS 6532 規範，本設備本體規格概述如下：</p> <p>1. 加熱爐（2 組）</p> <p>(1) 加熱爐之構造和尺寸應依據 CNS 6532 規範，燃燒箱尺寸大約 180 x 180 x 90mm。</p> <p>(2) 加熱爐之主熱源，原則上需具備有固定電壓裝置之電熱系統，副熱源原則上使用液化丙烷瓦斯或都市瓦斯。</p> <p>(3) 主熱源為直徑 0.8mm 鎳鉻絲線圈，置於外徑 12mm 而內徑 10mm 石英玻璃管，發熱功率為 1kW。</p> <p>(4) 副熱源為瓦斯燃燒器，為一 T 型圓管，圓管表面孔洞直徑為 <math>2 \pm 0.1</math>mm。</p> <p>(5) 配置測試體夾具（測試體最大尺寸為 220 x 220mm，最大厚度為 25mm）。</p> <p>(6) 觀察窗為耐熱玻璃材質，並有防漏煙裝置。</p> <p>(7) 使用標準版（符合 CNS 12064 規定，10mm 厚之 0.8 石棉珍珠岩板）加熱 10 分鐘，其排氣溫度應符合 CNS 6532 規定，且其誤差在 20 範圍以內。</p> <p>2. 加熱爐煙囪</p> <p>(1) 不銹鋼材質煙囪，內徑約 38mm；鎳鉻鐵合金煙囪蓋，直徑約 75mm，長約 150mm。</p> <p>(2) 使用鞘型熱電偶（外徑 1.6mm 以下，0.75 級以上），於</p>	

<b>本體規格</b>	<p>距煙囪蓋下緣 25mm 處，量測排氣溫度。</p> <p>3. 集煙箱和光量測定裝置</p> <p>(1) 測定發煙量之集煙箱置於加熱爐上方，內部淨尺度高為 1m，長、寬各為 1.41m，並裝備煙攪拌裝置、煙吸引煙囪及光量測定裝置。</p> <p>(2) 光量測定裝置設於集煙箱中央部位離箱頂 30cm 之位置，需具有吸引每分鐘 1.5L 之煙流量並予測定之裝置。</p> <p>(3) 光量測定裝置包括：含直流電源安定裝置且能產生白色平行光束之白色光源、真空光電管受光器、具備防煙粒子附著裝置、並具有換算發煙係數功能。</p> <p>4. 操作面板</p> <p>(1) 自動記錄器：3 筆式，記錄紙幅度為 250mm，進紙速度可任意設定；可記錄排氣溫度、試體表面溫度，範圍 0~1000 ；可記錄發煙係數，範圍 0~240。</p> <p>(2) 應包括：電源開關 / 電磁閥開關 / 啟動開關 / 終止開關 / 排氣風扇開關 / 煙攪拌開關、左右燈體切換開關（可選左或右燈體）加熱顯示燈及計時器、預備加熱顯示燈及計時器、自動電壓調整器、加熱器電力調節器、加熱器電壓及電流錶、電壓計切換開關、瓦斯流量計（附自動安全控制裝置）等。</p>	
<b>附屬配備</b>	<p>1. 烘箱一台，用以乾燥測試體。</p> <p>2. 乾燥器一個，用以養護測試體。</p> <p>3. 碼錶一個，用以量測殘焰維持之時間。</p> <p>4. 測微規一支，用以量測試體測背面龜裂裂縫寬度。</p>	
<b>相關尺寸</b>	<p>1. 本體之長、寬和高：依據 CNS 6532 規範。</p> <p>2. 附屬配備之長、寬和高：小型設備 4 件。</p> <p>3. 整體操作空間之長、寬和高：另行估量。</p>	
<b>用電需求</b>	110VAC, 5 KVA, 60Hz, single phase.	
<b>供水需求</b>	無。	
<b>空氣供應</b>	一般需求。	
<b>燃料供應</b>	液化丙烷瓦斯或都市瓦斯	
<b>排氣設施</b>	需外接實驗大樓排氣系統。	
<b>排氣後處理</b>	各實驗室排氣連接至實驗大樓排氣系統，再整體考量。	
<b>有毒物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>廢棄物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>工安設施</b>	依工安標準辦理。	
<b>與相關儀器配合需求</b>	<p>需切割機製作測試體。</p> <p>配合基材試驗及附加試驗設備，可評判測試體之耐燃級數。</p>	

<b>其他需求</b>	無。	
<b>消耗及備品</b>	消耗品：保險絲（2A/5A） 燈泡（6V） 記錄紙、加熱管等。 備 品：標準板、記錄筆、校正過濾器。	
<b>保固及維護</b>	保固條件：保固一年。 維護措施：依事實需要另行簽訂維護合約。	
<b>驗收方式</b>	1.設備性能和規格應符合本採購規範及 CNS 6532 規範。 2.應檢附出廠校驗證明 設備使用與維護手冊 及原廠保證書。 3.設備之校正和運轉，經試車一個月合格後驗收。	
<b>附 件</b>	檢附下列資料以供參考： 1.依據規範： <u>CNS 6532 A3113（略）</u> 2.型錄或說明書： <u>日本電化工機株式會社，No.700，表面試驗機（附件一）</u> ； <u>Toyo Seiki，No.605，建築材料燃燒性試驗裝置（附件二）</u> 3.基本設計圖面： <u>日本電化工機株式會社，No.700，表面試驗機（附件一）</u> 4.報價單： <u>三朋儀器股份有限公司（附件一）</u> ； <u>富友企業有限公司（附件二）</u> 5.文獻或技術資料： <u>建築物室內裝修材料耐燃性試驗標準試驗程序，三朋儀器股份有限公司（附件三）</u>	





## 內政部 建築研究所 防火實驗群 儀器設備採購規範

<b>設備編號</b>		<b>購置年月</b>	____年__月
<b>設備名稱</b>	氧指數法（高溫型）測試裝置(Oxygen Indexer – Elevated-Temperature Test)		
<b>安置地點</b>	耐燃材料實驗室	<b>實驗室編號</b>	Rm. _____

項 目	內 容 描 述	備 註
<b>設備規範</b>	<p>本設備用於量測氮 - 氧混合氣中的小垂直試件，在高溫（25 ~ 150 ，或高達 400 ）環境下，欲維持燃燒所需之最低氧濃度(minimum concentration of oxygen)；且定義此一最低氧濃度為測試溫度下之氧指數(oxygen index)。本設備亦可用於測定當氧指數為 20.9 時（亦即以空氣做為混合氣）之測試溫度，且定義此一測試溫度為可燃溫度 (flammability temperature, FT)。設備規範為 ISO 4589 和 ASTM D2863-97。</p> <p><b>ISO 4589</b>                      Plastics-Determination of burning behavior by oxygen index –                      Part 1: Guidance                      Part 2: Ambient-temperature test                      Part 3: Elevated-temperature test</p> <p><b>ASTM D2863-97</b>                      Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-like Combustion of Plastics (Oxygen Index)</p>	
<b>設備性能</b>	<p>將一小塊試片垂直置於透明加熱罩(transparent heated chimney)中，並導入向上流動之氮 - 氧混合氣。試片上端被引燃後，藉著觀測試片後續燃燒行為，進而比較設定限制下之持續燃燒時期、或試片燃燼長度。藉由一系列不同氧濃度下之試驗，可求得該材料之氧指數(oxygen index)。可燃溫度則指當氧指數為 20.9 時（亦即以空氣做為混合氣）之測試溫度。</p>	
<b>本體規格</b>	<p>依 ISO 4589 規範，本設備本體規格概述如下：</p> <p>1. 測試罩(test chimney)</p> <p>(a)本測試罩以兩同心耐熱玻璃管(concentric heat-resistant glass tubes)結合而成，需耐熱且透明，並能垂直站立以便導入氮 - 氧混合氣。</p> <p>(b)使用適當之加熱設備（預熱器和加熱器），用以預熱導入之混合氣，並維持測試罩內氣體達預定測試溫度，最高可達 400 。試片附近之測試溫度 125 （含）以內時，溫度誤差為±2 ；125 以上時，溫度誤差為±3 。溫度量測應以符合規範之熱電偶量測。</p> <p>(c)內管高度最小值為 450mm，內徑最小值為 75mm；外管高度與內管相符，內、外管間距為 5 ~ 10mm。頂端附蓋子，蓋子開口要夠小，使得測試罩內流速 40mm/s 時，</p>	

<p><b>本體規格</b></p>	<p>其排氣流速至少需達 90mm/s。</p> <p>(d)測試罩底部安置玻璃珠（直徑約 3 ~ 5mm）層，深度約 80 ~ 100mm，用以整流，並促進混合效果。</p> <p>2. 試片支撐器(specimen holder)</p> <p>(a)針對具自撐性(self-supporting)材料，利用小夾子固定試片，其固定點與試片尚未燒至燃燒範圍條件(the extent-of-burning criterion)之最近點，相距至少 15mm。</p> <p>(b)針對需支撐(supported)薄試片，應提供符合 ISO 4589 規定之試片固定架。</p> <p>3. 氣體供應(gas supplies)</p> <p>(a)能夠控制氮氣及氧氣之流量，以達到預設之混合比例，包括流量計、流量調節閥、壓力計、壓力調節閥。</p> <p>(b)具濕度控制設備，維持混合氣之濕度低於 0.1% (m/m)。</p> <p>(c)氮氣及氧氣進入測試罩前需充分混合，使得混合氣未達試片前之氧含量變動低於 0.2% (V/V)。</p> <p>(d)氣體供應控制需與測試罩之預熱器和加熱器操作相結合，以避免因測試罩內無氣體時使用預熱器和加熱器而造成破壞。</p> <p>(e)配備一空氣幫浦，於無試件操作時使用。</p> <p>4. 氣體量測及控制設備(gas measurement and control device)</p> <p>(a)進入測試罩混合氣中的氧氣濃度，其量測準度需達 <math>\pm 0.5\%</math> (V/V)，濃度調整精度需達 <math>\pm 0.1\%</math> (V/V)。</p> <p>(b)配備用於檢知測試罩內混合氣溫度之相關設備，如需使用探針伸入測試罩內，探針安置方式應盡量減少紊流的形成。</p> <p>5. 排煙系統(fume extraction system)</p> <p>安置適當之排煙設施，且不影響測試罩內之氣體流率及溫度。</p>	
<p><b>附屬配備</b></p>	<p>1. 點火器(flame igniter)</p> <p>(a)伸入測試罩內引燃試件之點火器，其管端外徑為 <math>2\text{mm} \pm 1\text{mm}</math>。</p> <p>(b)使用丙烷為燃料，不預混空氣，垂直伸入測試罩內其火焰長度自管端算起為 <math>16\text{mm} \pm 4\text{mm}</math>。</p> <p>2. 試片框</p> <p>(a)針對需支撐薄試片，提供符合 ISO 4589 規定之試片固定架，2 只。</p> <p>(b)可燃溫度試驗所需之試片架一只，及試片插入器。</p> <p>3. 計時器(timing device)</p>	

<b>附屬配備</b>	量測時段可達 5 分鐘，且準度達±0.5s。 4. 捲膜器(tool for preparing rolled film) 直徑 $2 \pm 0.1\text{mm}$ ，不銹鋼製；前端有 $0.3 \pm 0.05\text{mm}$ 之切口，長 20mm。不含握柄，整體長度為 $160 \pm 1\text{mm}$ 。	
<b>相關尺寸</b>	本體之長、寬、高：應小於 100(L) x 100(W) x 100(H) cm。 附屬配備之長、寬和高：無特定要求。 整體操作空間之長、寬和高：另行估量。	
<b>用電需求</b>	110VAC, 30 Amps, 60Hz, single phase	
<b>供水需求</b>	無	
<b>空氣供應</b>	氧氣（純度 98%），氮氣（純度 98%）與空氣。	
<b>燃料供應</b>	丙烷或 LPG（提供點火器使用）	
<b>排氣設施</b>	需外接實驗大樓排氣系統。	
<b>排氣後處理</b>	各實驗室排氣連接至實驗大樓排氣系統，再整體考量。	
<b>有毒物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>廢棄物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>工安設施</b>	依工安標準辦理。	
<b>與相關儀器配合需求</b>	乾洗機、水洗裝置、烘箱。 可外接毒氣分析設備。	
<b>其他需求</b>		
<b>消耗及備品</b>	消耗品： 備品：	
<b>保固及維護</b>	保固條件：保固一年 維護措施：依事實需要另行簽訂維護合約。	
<b>驗收方式</b>	1. 設備性能和規格應符合本採購規範及 ISO 4589 規範。 2. 應檢附出廠校驗證明、設備使用說明、維護手冊、及原廠保證書。 3. 設備之校正和運轉，經試車一個月合格後驗收。	
<b>附件</b>	檢附下列資料以供參考： 1. 依據規範：ISO 4589 和 ASTM D2863-97（略） 2. 型錄或說明書：Toyoseiki, No.606 Oxygen Indexer（附件一）；SUGA, ON-1 氧氣指數燃燒試驗機（附件二） 3. 報價單：富友企業有限公司（附件一）；三朋儀器股份有限公司（附件二）	





**內政部 建築研究所 防火實驗群 儀器設備採購規範**

設備編號		購置年月	____年__月
設備名稱	圓錐量熱儀(Cone Calorimeter)		
安置地點	耐燃材料實驗室	實驗室編號	Rm._____

項 目	內 容 描 述	備 註
設備規範	<p>本設備用於量測評估材料暴露於可調強度輻射熱源下，在具或不具外加引燃狀況之反應特性；包括量測材料之引燃特性、熱釋放率、質量損失率、有效發熱量、發煙特性、及毒氣分析等。設備規範為 ASTM E1354 和 ISO 5660-1，如下：</p> <p><b>ASTM E1354</b> Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter</p> <p><b>ISO 5660-1</b> Fire tests – Reaction to fire – Part 1: Rate of heat release from building products (Cone calorimeter method)</p>	
設備性能	<ol style="list-style-type: none"> <li>利用耗氧原理 ( 13.1MJ / 1kg O<sub>2</sub> ) 評估材料之單位面積熱釋放率(heat release rate per unit area)，量測項目包括： <ol style="list-style-type: none"> <li>耗氧量(oxygen consumption, mole fraction)和排氣流率(exhaust flow rate, m<sup>3</sup>/s)，</li> <li>最高單位面積熱釋放率(maximum heat release rate per unit area, kW/m<sup>2</sup>)，</li> <li>不同時段平均單位面積熱釋放率(average heat release rate per unit area, kW/m<sup>2</sup>; specified at 60, 180, and 300sec after ignition, or for other appropriate periods)，</li> <li>全發熱量(total heat released by specimen, MJ/m<sup>2</sup>)。</li> </ol> </li> <li>量測材料之單位面積質量損失率(mass loss rate per unit area, g/m<sup>2</sup>s)，配合前項所求得單位面積熱釋放率，可求得材料之有效燃燒熱(effective heat of combustion, MJ/kg)。</li> <li>利用光的遮蔽程度(obscuration of light)量測平均比熄滅面積(average specific extinction area, m<sup>2</sup>/kg)，來評估材料之發煙特性(smoke development)。</li> <li>量測材料自暴露於外加引燃源(external ignition)之瞬時到產生穩焰所需時間(time to sustained flaming, sec)，來評估材料之引燃特性(ignitability)。</li> </ol>	
本體規格	<p>依據 ASTM E1354 規範，本設備本體規格概述如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>錐形輻射加熱器(conical-shaped radiant electric heater) <ol style="list-style-type: none"> <li>雙層不銹鋼製錐形罩內側緊密纏置電熱元件，其最大加</li> </ol> </li> </ol>	

<p style="text-align: center;"><b>本體規格</b></p>	<p>熱功率為 5000W，錐形罩夾層內置密度約為 100kg/m<sup>3</sup> 之耐火材料。</p> <p>(b)加熱器可調整為垂直或水平擺置，提供試件表面之最高發熱量(irradiance)可達 100kW/m<sup>2</sup>，發熱量在試件中心 50 x 50mm 區域之均勻度於水平擺置時為±2%，垂直擺置時為±10%。</p> <p>(c)使用溫度控制器及三根對稱分布且直接接觸於電熱元件之 K 型不銹鋼外鞘熱電偶來控制加熱器之發熱量。電熱元件溫度控制必須在±2 範圍。溫度控制器具冷接點自動補償裝置，溫度輸入範圍為 0~1000 ，刻度讀值準度需達 2 或更佳。</p> <p>(d)燃燒試驗區安置可開啟且易拆卸之耐高溫透明視窗。</p> <p>2. 排氣系統(exhaust system)</p> <p>(a)排氣系統由耐高溫排氣風機、錐形集氣罩、排氣風機前端進氣風管(intake duct)和後端排氣風管(exhaust duct)組成，排氣流率操作範圍為 0.012~0.035m<sup>3</sup>/s。</p> <p>(b)錐形集氣罩和進氣風管間置一侷限孔口(restrictive orifice)以促進氣體混合，進氣風管上配置一氣體取樣環形探針(gas sampling ring probe),並預留煙霧遮蔽量測位置、煙灰收集(soot collection)量測位置和熱電偶量測孔。</p> <p>(c)後端排氣風管上配置一孔口板流量計(orifice plate flowmeter)以量測排氣流速，而置一熱電偶以量測排氣溫度。</p> <p>3. 質量量測系統(mass loss measurement system)</p> <p>利用負荷單元(load cell)量測試件質量變化，負荷單元量測範圍可達 1000g，準度則為 0.1g。</p> <p>4. 試件固定系統(specimen mounting system)</p> <p>(a)依據 ASTM E1354 規範。</p> <p>(b)試件固定可調整為垂直或水平擺置。</p> <p>5. 點火系統(ignition system)</p> <p>(a)外加引燃源由火星塞(spark plug)和 10kV 變壓器所組成。</p> <p>(b)引燃計時器(ignition timer)之準度為 1 小時量測值之誤差小於 1 秒。</p> <p>6. 氧分析儀和氣體取樣系統(oxygen analyzer &amp; gas sampling system)</p> <p>(a)順磁型(paramagnetic type)氧分析儀，量測範圍為 0~25% O<sub>2</sub>，量測值之重現性(repeatability)誤差低於 100ppm；分析儀應具線性反應，1/2 小時量測期間偏差不能超過</p>	
--	---	--

<p><b>本體規格</b></p>	<p>±50ppm (均方根值)。</p> <p>(b)分析儀可依據取樣流體之壓力和溫度進行補償調整。</p> <p>(c)氣體取樣系統使用幫浦(pump)藉著氣體取樣環形探針於進氣風管中抽取氣體，使其經過煙灰過濾(soot filter)、冷凝去除水分、乾燥、去除二氧化碳和微粒過濾(7μm filter)等過程後，再進入氧分析儀，最後經由流量計排出於大氣中。</p> <p>(d)氣體取樣系統之迴路應預留接點，以便未來外接水分分析和毒氣分析設備(HCL, THC),以及CO和CO<sub>2</sub>分析儀。</p> <p>7. 煙霧遮蔽量測系統(smoke obscuration measuring system)</p> <p>(a)量測系統包含 1mW 氦氖雷射(He-Ne laser)、主要和參考檢知器(detector)、電子和光學元件，整體系統分成兩截而利用耐火襯墊(refractory gasket)和繫軛(split yoke)緊箍於進氣風管。</p> <p>(b)煙霧遮蔽量測位置上的進氣風管兩側焊接兩根細管，用來調節雷射光，同時容許煙霧積附於管壁而避免污染光學元件。</p> <p>(c)配備兩組經由雷射波長 0.6328μm 校準且具不同值(0.3, 0.8)之校正濾鏡(neutral density filter)。</p> <p>8. 實驗控制管理、數據擷取和分析系統(system control, data acquisition and reduction)</p> <p>(a)實驗控制管理系統為視窗式控制軟體(windows based software)，可自動啟動、校正和進行試驗，試驗進行中可以圖形曲線及數值同步顯示各項實驗數據變化，以進行現場監控。</p> <p>(b)數據擷取和分析系統包含完整之統計和數值運算程式，可外接商用軟體或自設程式連接。</p> <p>(c)電腦和列印機為目前市面最新型式和機種。</p>	
<p><b>附屬配備</b></p>	<p>1. 熱吸收計(thermal absorber)</p> <p>錐形加熱器作用下，使用水冷式熱吸收計為試件預先定位，可提升引燃時間量測之準度。</p> <p>2. 熱通量校正(heat flux calibration)</p> <p>(a)錐形加熱器之發熱量由溫度控制器來控制，而其設定和調整則使用熱通量計(heat fluxmeter)來校正。</p> <p>(b)熱通量計可為箔片式(foil)或熱堆式(thermopile)，水冷式圓形輻射接收面需平整，且披覆耐久暗黑(matt-black)塗層；量測範圍需達 100kW/m<sup>2</sup>，準度需在±3%範圍內，重現性需在 0.5%範圍內。</p>	

<b>附屬配備</b>	3. 熱釋放率校正(heat release rate calibration) (a)使用校正燃燒器(calibration burner)進行熱釋放率校正。 (b)校正燃燒器為一方形長銅管，其方形孔口外罩整流網用以擴散燃料，本體則以陶瓷纖維包覆；燃燒器使用純度99.5%以上甲烷為燃料，利用流量計控制甲烷流率，使得燃燒器產生 10kW 熱釋放率。	
<b>相關尺寸</b>	本體之長、寬、高和重：165(L) x 60(W) x 250(H) cm；300kg 附屬配備之長、寬和高：小型設備三件。 整體操作空間之長、寬和高：另行估量。	
<b>用電需求</b>	220VAC, 40 Amps, 60Hz, single phase	
<b>供水需求</b>	Tap water 3L/min, 241kPa (35psi)	
<b>空氣供應</b>	No oil/water compressed air, 620kPa (90psi)	
<b>燃料供應</b>	Methane (UHP 99.9%), 25L/min	
<b>標準氣體</b>	Oxygen-free nitrogen (UHP 99.9%), 5L/min	
<b>排氣設施</b>	需外接實驗大樓排氣系統。	
<b>排氣後處理</b>	各實驗室排氣連接至實驗大樓排氣系統，再整體考量。	
<b>有毒物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>廢棄物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>工安設施</b>	依工安標準辦理。	
<b>與相關儀器配合需求</b>	可外接煙灰收集(soot collection)分析設備，毒氣分析設備(HCL, THC)，以及 CO 和 CO <sub>2</sub> 分析儀。	
<b>其他需求</b>		
<b>消耗及備品</b>	消耗品： 備品：	
<b>保固及維護</b>	保固條件：保固一年。 維護措施：依事實需要另行簽訂維護合約。	
<b>驗收方式</b>	1. 設備性能和規格應符合本採購規範及 ASTM E1354 規範。 2. 應檢附出廠校驗證明、設備使用說明及維護手冊、系統操作電腦軟體、及原廠保證書。 3. 設備之校正和運轉，經試車一個月合格後驗收。	
<b>附件</b>	檢附下列資料以供參考： 1. 依據規範： <u>ASTM E1354 和 ISO 5660-1 (略)</u> 2. 型錄或說明書： <u>Cone Calorimeter III, Combustion Analysis System, Toyo Seiki Seisaku-Sho, LTD. (附件一)</u> 3. 報價單： <u>Cat. No.607, Cone Calorimeter III, Model: C3, 富友企業有限公司 (附件二)</u> 4. 文獻或技術資料： <u>Cone Calorimeter III C3, 各類文件簡介說明, 富友企業有限公司 (附件三)</u>	







## 內政部 建築研究所 防火實驗群 儀器設備採購規範

<b>設備編號</b>		<b>購置年月</b>	____年__月
<b>設備名稱</b>	垂直式防焰性測試裝置		
<b>安置地點</b>	防焰材料實驗室	<b>實驗室編號</b>	Rm. _____

項 目	內 容 描 述	備 註
<b>設備規範</b>	<p>本設備適用於經防火處理之纖維素纖維織物及特殊用途之纖維製品，如：防火衣布料、窗簾布等（A-4 垂直法），以及如：窗簾布、帳幔布等（A-5 垂直斜焰法）。藉著測定試片燃燒的炭化距離、餘焰時間、餘燼時間及質量減損率，來評估材料的防焰性質。設備規範為 CNS 10285 A-4 法（垂直法）和 A-5 法（垂直斜焰法）。</p> <p><b>CNS 10285</b> 纖維製品防焰性試驗法（A-4 垂直法，A-5 垂直斜焰法） (Methods of Test for Flammability of Textiles, A-4 &amp; A-5)</p>	
<b>設備性能</b>	<p>本設備依照燃燒器傾斜角度，設定試驗點火時間（加熱時間）調整燃燒器之火焰長度，根據量測結果評估材料之防焰性質。依燃燒器傾斜角度，量測項目可分為兩類：</p> <p>1.A-4 垂直法</p> <p>(1) 量測試片燃燒之炭化距離，亦即炭化部分沿支持框長度方向之最大長度。</p> <p>(2) 量測餘焰時間，亦即自加熱完畢（點火時間終了）起，試片火焰繼續燃燒之時間。</p> <p>(3) 量測餘燼時間，亦即自試片火焰消失起，至停止燃燒之時間。</p> <p>2.A-5 垂直斜焰法</p> <p>(1) 量測試片燃燒之炭化距離，亦即炭化部分沿支持框長度方向之最大長度。</p> <p>(2) 量測餘焰時間，亦即自加熱完畢（點火時間終了）起，試片火焰繼續燃燒之時間。</p> <p>(3) 量測材料之單位面積質量減損率。</p>	
<b>本體規格</b>	<p>依據 CNS 10285 規範，本設備本體規格概述如下：</p> <p>1. 燃燒試驗箱</p> <p>(1) 燃燒試驗箱本體，使用不銹鋼（SUS304）材料製作，尺寸約為 329(W) x 329(D) x 762(H)mm。</p> <p>(2) 設置觀察玻璃門，以耐熱玻璃材料製作；當觀察玻璃窗打開時，有斷電及火焰自動熄滅之安全裝置。</p> <p>2. 試片固定系統</p> <p>(1) 依據 CNS 10285 規範。</p>	

<b>本體規格</b>	<p>(2) 包含垂直法及垂直斜焰法兩種試片固定架。</p> <p>3. 燃燒器和點火系統</p> <p>(1) 配置兩種燃燒器。一為適用垂直法之內徑 9.5mm 本生燈，附加一支約 200mm 操作棒；另一為適用垂直斜焰法之內徑 11mm 燃燒器，器身與垂直線成 25 度傾斜。</p> <p>(2) 以火星塞作為點火器，利用電氣火花方式點火。</p> <p>(3) 配置火焰長度調整規（具 1mm 刻度），用於調整火焰長度達 38mm。</p> <p>4. 控制及量測系統</p> <p>(1) 數位時間計，可量測加熱時間、餘焰時間及餘燼時間，0 ~ 999.9 秒數位顯示，最小 0.1 秒。</p> <p>(2) 控制開關，包括：加熱時間設定 / 啟動開關、點火開關、餘焰時間停止開關、及餘燼時間停止開關。</p> <p>(3) 控制閥門，包括：瓦斯供給閥、瓦斯壓力計 0~1000mmAq 及瓦斯流量調整閥。</p>	
<b>附屬配備</b>	<p>1. 恆溫乾燥箱，提供符合 CNS 12951 之乾燥溫度空間，以放置待測試片。</p> <p>2. 乾燥器，器內裝有乾燥劑，以固定時間放置待測試片。</p> <p>3. 作為試片載重錘使用之砝碼。</p>	
<b>相關尺寸</b>	<p>1. 本體之長、寬和高：約為 329(W) x 329(D) x 762(H)mm。</p> <p>2. 附屬配備之長、寬和高：小型設備 2 件。</p> <p>3. 整體操作空間之長、寬和高：另行估量。</p>	
<b>用電需求</b>	110VAC, 300VA, 60Hz, single phase.	
<b>空氣供應</b>	燃燒試驗箱具備進氣孔，保持空氣暢通。	
<b>燃料供應</b>	依 CNS 12951 所規定之第二種 4 號液化石油氣。	
<b>排氣設施</b>	由燃燒試驗箱排氣孔排出，需外接實驗大樓排氣系統。	
<b>排氣後處理</b>	各實驗室排氣連接至實驗大樓排氣系統，再整體考量。	
<b>有毒物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>廢棄物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>工安設施</b>	依工安標準辦理。	
<b>與相關儀器配合需求</b>	試片測試過程可以配合 CCD 攝影記錄，以作為時間記錄之比較參考。	
<b>其他需求</b>	無。	
<b>消耗及備品</b>	<p>消耗品：</p> <p>備品：</p>	
<b>保固及維護</b>	<p>保固條件：保固一年。</p> <p>維護措施：依事實需要另行簽訂維護合約。</p>	
<b>驗收方式</b>	1. 設備性能和規格應符合本採購規範及 CNS 10285 規範。	

<b>驗收方式</b>	<p>2. 應檢附出廠校驗證明、設備使用說明及維護手冊。</p> <p>3. 設備之校正和運轉，經試車一個月合格後驗收。</p>	
<b>附 件</b>	<p>檢附下列資料以供參考：</p> <p>1. 依據規範：<u>CNS 10285, L3196 (略)</u></p> <p>2. 型錄、或說明書：<u>SUGA, Model: CS-1S, 垂直型燃燒性試驗器 (附件一)</u></p> <p>3. 報價單：<u>三朋儀器股份有限公司 (附件一)</u></p> <p>4. 文獻或技術資料：<u>SUGA, Model: CS-1S 操作手冊 (附件二)</u></p>	



## 內政部 建築研究所 防火實驗群 儀器設備採購規範

<b>設備編號</b>		<b>購置年月</b>	____年__月
<b>設備名稱</b>	45 度防焰性測試裝置		
<b>安置地點</b>	防焰材料實驗室	<b>實驗室編號</b>	Rm. _____

項 目	內 容 描 述	備 註
<b>設備規範</b>	<p>本設備用於測定試體表面燃燒的蔓延程度（炭化面積及炭化距離）、餘焰時間、餘燼時間及餘燃時間。測試材料為纖維製品，如：衣料用布、窗簾布、壁布、家具布、工業用布等；單位質量 450g/m<sup>2</sup> 以下者，適用 A-1 法（45 度小焰燃燒器法）；單位質量超過 450g/m<sup>2</sup> 者，適用 A-2 法（45 度大焰燃燒器法）。鋪墊物類，如：地毯，適用 B-1 法和 B-2 法（表面燃燒試驗）。厚度未滿 5mm 之板、薄片、薄膜、厚布及類似平板之材料，適用薄材料防焰性試驗法。設備規範為 CNS 10285 和 CNS 7614。</p> <p><b>CNS 10285</b> 纖維製品防焰性試驗法（A-1、A-2、B-1 和 B-2 法） (Methods of Test for Flammability of Textiles)</p> <p><b>CNS 7614</b> 薄材料防焰性試驗法 (Methods of Test for Flammability of Thin Materials)</p>	
<b>設備性能</b>	<p>本設備依照待測試片材料，設定試驗點火時間（加熱時間）、調整燃燒器之火焰長度，根據量測結果評估材料之防焰性質。依材料及試驗目的不同，量測項目可分為三類：</p> <p>1. 纖維製品（A-1 法和 A-2 法）</p> <p>(1) 量測試片表面燃燒的蔓延程度，包括：炭化面積，亦即炭化部分之面積；以及炭化長度：亦即炭化部分沿支持框長度方向之最大長度。</p> <p>(2) 量測餘焰時間，亦即自加熱完畢（點火時間終了）起，試片火焰繼續燃燒之時間。</p> <p>(3) 量測餘燼時間，亦即自試片火焰消失起，至停止燃燒之時間。</p> <p>(4) 量測餘燃時間，亦即自加熱完畢（點火時間終了）起，至試片停止燃燒之時間。</p> <p>2. 鋪墊物（B-1 和 B-2 法）</p> <p>量測試片表面燃燒的炭化距離。</p> <p>3. 厚度未滿 5mm 薄材料（薄材料防焰性試驗法）</p> <p>量測(1) 炭化長度、(2) 餘焰時間、(3) 餘燼時間、並(4) 觀察試驗中之燃燒狀態。</p>	

<p style="text-align: center;"><b>本體規格</b></p>	<p style="text-align: center;">依據 CNS 10285 規範，本設備本體規格概述如下：</p> <p>1.燃燒試驗箱</p> <p>(1) 燃燒試驗箱本體，使用不銹鋼（SUS304）材料製作，其構造和尺寸應依據 CNS 10285 規範。</p> <p>(2) 設置觀察玻璃門及觀察玻璃窗，以耐熱玻璃材料製作；觀察玻璃窗打開時，有斷電及火焰自動熄滅之安全裝置。</p> <p>2.試片固定系統</p> <p>(1) 依據 CNS 10285 規範。</p> <p>(2) A-1、A-2 法和薄材料防焰性試驗法，使用相同之試片固定框，由上下片組合而成，其外緣尺寸分別是 450 x 230mm 及 490 x 230mm。</p> <p>(3) B-1 法使用石綿水泥珍珠岩版和試片夾框來固定試片，夾框外緣尺寸為 400 x 220mm，厚度為 2mm。</p> <p>(4) B-2 法使用石綿水泥平板和金屬框來固定試片，金屬框為邊長約 250mm 正方形金屬板，其中央有直徑 203.2mm 之圓孔。</p> <p>(5) A-1 和 A-2 法試片尺寸為 350 x 250mm，B-1 法試片尺寸為 490 x 220mm，B-2 法試片尺寸為 230 x 230mm，薄材料防焰性試驗法試片尺寸為 300 x 200mm。</p> <p>3.燃燒器和點火系統</p> <p>(1) 火焰燃燒器，可分為小焰燃燒器(Micro burner)及大焰燃燒器(Meker's burner)兩種，其口徑分別是 6.4 與 20 mm。</p> <p>(2) B-1 和 B-2 法之火源為環六次甲基四胺片(Hexamethylene Tetramine)，質量 0.15g，直徑 6.4mm，厚度 4.3mm 之錠片。</p> <p>(3) 以火星塞作為點火器，利用電氣火花方式點火。</p> <p>(4) 配置火焰長度調整規（具 1mm 刻度），用於調整火焰長度；A-1 法火焰長 45mm，A-2 法及薄材料防焰性試驗法火焰長 65mm。</p> <p>4.控制及量測系統</p> <p>(1) 數位時間計，可量測加熱時間、著火後加熱時間、餘焰時間、餘燼時間及餘燃時間，0 ~ 999.9 秒數位顯示，最小 0.1 秒。</p> <p>(2) 控制開關，包括：加熱時間設定 / 啟動開關 / 重置開關、著火後加熱時間設定 / 啟動開關 / 重置開關、點火開關、餘焰時間停止開關、及餘燼時間停止開關。</p> <p>(3) 控制閥門，包括：瓦斯供給閥、瓦斯壓力計 0~1000mmAq 及瓦斯流量調整閥。</p>	
--	--	--

<b>附屬配備</b>	1.試片乾洗裝置，符合 CNS 10285 規範之纖維品乾洗機。 2.恆溫乾燥箱，提供符合 CNS 12951 之乾燥溫度空間，以放置待測試片。 3.乾燥器，器內裝有乾燥劑，以固定時間放置待測試片。	
<b>相關尺寸</b>	本體之長、寬和高：約為 400(W) x 250(D) x 900(H)mm。 附屬配備之長、寬和高：小型設備 3 件。 整體操作空間之長、寬和高：另行估量。	
<b>用電需求</b>	110VAC, 40VA, 60Hz, single phase.	
<b>空氣供應</b>	燃燒試驗箱具備進氣孔，保持空氣暢通。	
<b>燃料供應</b>	依 CNS 12951 所規定之第二種 4 號液化石油氣。	
<b>排氣設施</b>	由燃燒試驗箱排氣孔排出，需外接實驗大樓排氣系統。	
<b>排氣後處理</b>	各實驗室排氣連接至實驗大樓排氣系統，再整體考量。	
<b>有毒物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>廢棄物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>工安設施</b>	依工安標準辦理。	
<b>與相關儀器配合需求</b>	試片測試過程可以配合 CCD 攝影記錄，以作為時間記錄之比較參考。	
<b>其他需求</b>	無。	
<b>消耗及備品</b>	消耗品： 備品：	
<b>保固及維護</b>	保固條件：保固一年。 維護措施：依事實需要另行簽訂維護合約。	
<b>驗收方式</b>	1.設備性能和規格應符合本採購規範 CNS 10285 及 CNS 7614 規範。 2.應檢附出廠校驗證明、設備使用說明及維護手冊。 3.設備之校正和運轉，經試車一個月合格後驗收。	
<b>附件</b>	請檢附下列資料以供參考： 1.依據規範：CNS 10285, L3196; CNS 7614 A3125 (略) 2.型錄、或說明書：SUGA, Model: FL-45MC, 45 度燃燒性試驗器 (附件一) 3.報價單：三朋儀器股份有限公司 (附件一) 4.文獻或技術資料：SUGA, Model: FL-45 操作手冊 (附件二)	







## 內政部 建築研究所 防火實驗群 儀器設備採購規範

設備編號		購置年月	__年__月
設備名稱	材料延燒特性測試裝置(Fire Propagation Apparatus, FMRC)		
安置地點	部材防火實驗室	實驗室編號	Rm. _____

項 目	內 容 描 述	備 註
設備規範	<p>The Fire Propagation Apparatus (FPA) developed by the Factory Mutual Research Corporation (FMRC) is a calorimeter which enables the ignition, heat release, and fire propagation performances of materials to be quantified by use of a series of parameters. Generation of combustion products such as smoke, specific toxic species and corrosive gases can be quantified by use of additional analytical equipment to the basic apparatus.</p> <p>This unit is becoming <b>ASTM E2058</b> developed by ASTM committee E5.</p>	
設備性能	<p>Three tests in conjunction with the apparatus are:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. An Ignition Test, being used to determine               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) the critical heat flux (CHF), the minimum heat flux at or below which no ignition occurs;</li> <li>(2) the thermal response parameter (TRP), a material property giving the resistance to ignition upon exposure to a prescribed heat flux.</li> </ol> </li> <li>2. A Combustion Test, being used to determine               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) the effective heat of combustion (EHC), the energy generated by chemical reactions per unit mass of fuel vaporized;</li> <li>(2) the chemical and convective heat release rates;</li> <li>(3) the average corrosion index (ACI), an indication of corrosion damage caused by the combustion products from a burning material by exposing a metal sensor to the gases generated during the test and then leaving it in a still environment for several hours to monitor corrosion;</li> <li>(4) the smoke yield, the mass of smoke particulates generated per unit mass of fuel vaporized.</li> </ol> </li> <li>3. A Fire Propagation Test, being used to determine the fire propagation index (FPI), the inclination of a material to support fire propagation beyond the ignition zone in terms of the chemical heat release rate during upward fire propagation in an elevated O<sub>2</sub> environment, simulating the radiant heat flux emitted from real fire flaming.</li> </ol> <p>The Ignition and Combustion Test expose horizontal specimens to a predetermined external radiant heat flux which can be set from 0 up to 65kW/m<sup>2</sup> in air. The Fire Propagation Test uses a vertical specimen, which is ignited near its base by a radiant heat flux of 50kW/m<sup>2</sup> and a pilot flame in air containing 40% oxygen by volume.</p>	

<b>本體規格</b>	<p>The Fire Propagation Apparatus consists of:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Infrared Heaters <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Four heaters each supplied with six 5000W lamps at 120-144V and associated water and air cooling connectors.</li> <li>(2) The heaters are controlled by a single phase power controller.</li> </ol> </li> <li>2. Mass Loss Measurement <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) A 0-2000g load cell with an accuracy of <math>\pm 0.1</math>g.</li> <li>(2) The load cell is supplied with associated supports and mechanical stops, to avoid movement damage, and a digital display for the weight and an electronic tare facility.</li> <li>(3) Vertical and horizontal specimen holders are provided.</li> </ol> </li> <li>3. Air Distribution Chamber and Air Supply Pipes <p>An aluminum cylinder seated above a distribution chamber producing a uniform air flow.</p> </li> <li>4. Quartz Cylinder and Water Cooled Shield <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Two quartz cylinders fitted above the aluminum cylinder allow the supply of oxidant to the specimen flame while allowing radiant energy from the IR heating system to reach the specimen surface.</li> <li>(2) An electronically actuated pneumatic piston raises and lowers a water cooled shield protecting the specimen from the heat from the IR heaters prior to testing.</li> </ol> </li> <li>5. Ignition Pilot Tube <p>An ignition pilot tube with a four-hole ceramic insert to produce a stable flame.</p> </li> <li>6. Exhaust System <p>It consists of an intake funnel, mixing duct, test section, an exhaust duct and a 9 inch multi-vane exhaust fan, rated to 100 , with controller.</p> </li> <li>7. Gas Sampling System <p>It consists of a sampling probe, filters, refrigerant cold trap, pump, drying columns, and flow control.</p> </li> <li>8. O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and CO Analysis <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) The inlet O<sub>2</sub> concentration and exhaust O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and CO concentrations are measured using a Xentra 4100 gas purity analyzer housing all four transducers.</li> <li>(2) The O<sub>2</sub> concentrations are measured using two paramagnetic oxygen transducers, each 0-100% O<sub>2</sub> with a precision <math>&lt; \pm 0.1\%</math> O<sub>2</sub>, A zero drift <math>&lt; \pm 0.2\%</math> per month and a response time of 12s to reach 90% of full scale.</li> <li>(3) The CO<sub>2</sub> and CO concentrations are measured using infrared transducers. The CO measuring range are 0-100 and 0-500vpm, and the CO<sub>2</sub> measuring range is 0-2.5%; both precise to <math>\pm 1\%</math> of measuring range with a drift <math>&lt; 2\%</math> per week of the smallest measuring range, and response times</li> </ol> </li> </ol>	
-------------	--	--

<b>本體規格</b>	<p>of less than 3s to reach 90% of full scale.</p> <p>9. Instrument Frame It is developed for 19" rack mounting for simple addition by the user of extra gas analysis if required.</p> <p>10. Hydrocarbon Analysis (1) Rosemount hydrocarbon analyzer model 400A with x1, x2.5, x10, x25, x100, x250, x1,000 ranges with a precision <math>\pm 1\%</math> of full scale, a drift <math>\pm 1\%</math> per 24 hours and a response time of less than 3s to reach 90% of full scale. (2) The sample is passed through a heated filter and line.</p> <p>11. Smoke Obscuration (1) A 5mW Helium-Neon laser. (2) Twin photodiodes for main beam and reference beam detection supplied with 0.3 and 0.8 ND filters for calibration.</p> <p>12. Corrosion Measurement System (1) A corrosimeter assesses corrosion by measuring the change in resistance of the sensor element of the probe. (2) The corrosimeter is configured for 4 corrosimeter probes. (3) This system is supplied with a chamber which should be maintained at <math>23 \pm 3</math> and a relative humidity of <math>60 \pm 5\%</math> to monitor corrosion of the probe every 5 minutes for at least 16 hours after the test.</p> <p>13. Interface and Software A 16 channel A-D 22 bit interface, with associated data acquisition and analysis software.</p>	
<b>附屬配備</b>	<p>1. Heat Flux Meter It is supplied for calibration of the IR heating system.</p> <p>2. Calibration Burner It is used to calibrate the rate of heat release of the apparatus using methane of 99.5% purity and a mass flow meter.</p>	
<b>相關尺寸</b>	<p>本體之長、寬和高：約 3000(W) x 1000(D) x 2500(H)mm 附屬配備之長、寬和高： 整體操作空間之長、寬和高：另行估量。</p>	
<b>用電需求</b>	110VAC, 60Hz, single phase	
<b>供水需求</b>	Tap water	
<b>空氣供應</b>	No oil/water compressed air	
<b>燃料供應</b>	Methane (UHP 99.9%)	
<b>標準氣體</b>	另行估量。	
<b>排氣設施</b>	需外接實驗大樓排氣系統。	
<b>排氣後處理</b>	各實驗室排氣連接至實驗大樓排氣系統，再整體考量。	
<b>有毒物處理</b>	實驗大樓整體考量。	
<b>廢棄物處理</b>	實驗大樓整體考量。	

工安設施	依工安標準辦理。	
與相關儀器配合需求		
其他需求		
消耗及備品	消耗品： 備品：	
保固及維護	保固條件：保固一年。 維護措施：依事實需要另行簽訂維護合約。	
驗收方式	1. 設備性能和規格應符合本採購規範。 2. 應檢附出廠校驗證明、設備使用說明及維護手冊、系統操作電腦軟體、及原廠保證書。 3. 設備之校正和運轉，經試車一個月合格後驗收。	
附 件	檢附下列資料以供參考： 1. 依據規範： <u>ASTM E2058 (under development)</u> 2. 型錄或說明書： <u>FMRC Standard Methods of Test for Measurement of Material Flammability Using A Fire Propagation Apparatus (FPA), Fire Testing Technology Limited (附件一)</u> 3. 報價單： <u>王立企業股份有限公司 (附件二)</u> 4. 文獻或技術資料： <u>Flammability of Clean Room Materials, FMRC J.I. 0B0J8.RC, Nov., 1996 (附件三)</u>	



## 氣相層析質譜儀(GC-MS)

### 1. 儀器特性

- (1) 質量範圍：m/z 10-900。
- (2) 解析度：M/ M = 2M ( M：半波高寬 )，最大解析度 1800。
- (3) 靈敏度：  
methyl stearate 100pg，其分子離子 ( m/z 298 ) 於質譜圖 S/N > 60。  
分析條件：掃描範圍為 m/z 60-300；毛細管為 J&W DB-1，30m，0.25mm i.d.；掃描間隔為 0.5sec。  
hexachlorbenzene 10pg，其分子離子 ( m/z 286 ) 於質譜圖 S/N > 50。  
分析條件：掃描範圍為 m/z 60-310；毛細管為 J&W DB-1，30m，0.25mm i.d.；掃描間隔為 0.5sec。
- (4) 最大掃描速度：6750/sec。
- (5) 質量標示穩定性：比  $\pm 0.10\text{amu}/24\text{hr}$  好。

### 2. 試樣注入系統

- (1) 調整儀器標準樣品(PFTAB)：藉微調開關自動注射。
- (2) 氣相層析儀：含分流與不分流注射器；  
管柱加熱箱溫度範圍：室溫 + 4 到 450 。
- 梯度步驟：5 步驟 ( 也有降溫程式 )。
- 注射口溫度：室溫到 450 。
- 連接毛細管介面溫度範圍：室溫到 350 。

### 3. 離子源

游離化方式	EI	CI(optional)
游離電壓	70eV	70eV
游離電流	60 $\mu$ A	2000 $\mu$ A
內熱絲	雙數	雙數
加熱範圍	室溫到 350	室溫到 350

### 4. 質量分析器

- (1) 分析器：含前管圓柱形四極矩。
- (2) 偵測器：離軸電子倍增器。

### 5. 真空系統

- (1) 主要幫浦：150L/sec 渦輪分子幫浦 ( 陶磁軸承 )。
- (2) 前幫浦：50L/min 旋轉幫浦。

### 6. 電腦系統

CPU	Pentium(166MHz)以上	鍵盤	OADG (DOS/V) 109 keys
主記憶體	> 1.6MB	滑鼠	PPS/2 滑鼠
硬碟	2.1GB 以上	彩色螢幕	17 吋彩色, 800 x 600dots
光碟機	36 倍速 CD-ROM 以上	雷射印表機	解析度 > 300bpi
軟碟	3.5inch x 1 (3 modes)	操作系統	視窗 95
影像存取記憶體	2 MB		

## 7. 操作軟體

- (1) 操作系統：質譜視窗。
- (2) 儀器控制：溫度與 AFC 流速、質譜儀參數、自動液體注射器(AOC-20i)和自動液體送樣器(AOC-20s)。
- (3) 實用性：檔案整理。
- (4) 開關機：幫浦系統的開關。
- (5) 調節方法：自動調節、使用者調節和手動調節。
- (6) 設定方法：設定資料獲得參數、設定資料整理參數和設定報告格式。
- (7) 分析方式：資料獲得、色層圖的展示、質譜圖的展示和資料處理。
- (8) 樣品程序設定：分析期間的參數設定。
- (9) 再執行：

瀏覽器	一般資料處理
成批處理	自動定量功能
再校正	手動校正
再定量	手動定量

## 8. 安裝位置條件

- (1) 電力提供：GC, 170VA AC 單相；MS, 1500VA AC 單相；電腦(含螢幕) 2000 VA AC 單相；印表機, 6000 VA AC 單相；交流電電壓變動, <math>\pm 10\%</math>, 電力由接地電源提供。
- (2) 溫度與溼度：溫度, 18 -28 ; 溼度, 40%-70%。
- (3) 安裝地點：使用 2000mm 寬 700mm 深的堅固桌子或實驗桌, 桌後至少 30mm 的空間且靠左。
- (4) 廢棄排出：避免由旋轉幫浦所釋放出的廢氣排入室內, 必須將廢氣排到室外, 或由通風櫥排出。

## 9. 其他需求

- (1) 使用 30m 長, 0.2mm i.d.毛細管, 液相：methyl silicon (如 J&W DB-1)
- (2) 氬氣供應：純度大於 99.999%, 氣體壓力 150kg/cm<sup>2</sup>, 體積 47 升, 含壓力調整器。
- (3) CI isobutane 供應：純度大於 99.9%, 含壓力調整器。
- (4) 微量樣品注射筒。

## 燃燒氣體連續分析系統

### 1. 非擴散型紅外線 CO 分析儀(Non-Dispersive Infrared CO Analyzer)

測量範圍：0-1000, 0-5000ppm 二段選擇，可擴充第三段選擇 250ppm 至 1%。

CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 干擾：CO<sub>2</sub> < 1/10000, H<sub>2</sub>O < 1/10000。

線性度和穩定度：所有測量範圍皆有線性參數，可經由按鍵輸入；線性準確度可達測量範圍全幅的±1%，與 1/10 測量範圍全幅的±2%。

準確度：測量範圍全幅的±1%。

反應速度：0.5-20 秒內可達測量範圍全幅的 90%，可選擇積分式。

顯示器：LCD 數位冷光式。

輸出：0-5VCD。

其他：微電腦控制校正，並能自動自我偵誤；機箱溫度控制 60 ；19"前面板安裝標準機櫃。

電源：115VAC, 60Hz。

### 2. 非擴散型紅外線 CO<sub>2</sub> 分析儀(Non-Dispersive Infrared CO<sub>2</sub> Analyzer)

測量範圍：0-0.5%，0-2.5%二段選擇，可擴充第三段選擇 1500ppm 至 4.5%。

H<sub>2</sub>O 干擾：H<sub>2</sub>O < 1/1250。

線性度和穩定度：所有測量範圍皆有線性參數，可經由按鍵輸入；線性準確度可達測量範圍全幅的±1%，與 1/10 測量範圍全幅的±2%。

準確度：測量範圍全幅的±1%。

反應速度：0.5-20 秒內可達測量範圍全幅的 90%，可選擇積分式。

顯示器：LCD 數位冷光式。

輸出：0-5VCD

其他：微電腦控制校正，並能自動自我偵誤；機箱溫度控制 60 ；19"前面板安裝標準機櫃。

電源：115VAC, 60Hz。

### 3. 電磁式 O<sub>2</sub> 分析儀(Paramagnetic O<sub>2</sub> Analyzer)

測量範圍：0-5%，0-10%，0-25%，0-50%，0-100%五段選擇。

線性度和穩定度：測量範圍全幅的±1%。

靈敏度：0.01%

再現性：測量範圍全幅的±1%。

反應速度：20 秒內可達測量範圍全幅的 90%。

顯示器：LCD 數位冷光式。

輸出：0-10mV, 0-100mV, 0-1VCD, 0-5VCD。

其他：機箱溫度控制 60 ；19"前面板安裝標準機櫃。

電源：115VAC, 60Hz。

#### 4. 採樣系統(Sampling System)

19"儀器組合架 2 台：鋁合金材質，附美耐板工作台與耐重 PU 輪。

採樣幫浦：110VAC Teflon 隔膜幫浦 ( single head ), 316 不銹鋼材質，最大流量 / 壓力可達 0.9cfm/50psig。

採樣調壓閥與壓力表：背壓式調整控制，316 不銹鋼材質。

清潔系統：可 Purge 採樣系統、Backflush 加熱管與採樣棒。

過濾系統：316 不銹鋼體，具耐熱玻璃碗，可更換式濾心，可分離液體與粒狀物。

過濾保護裝置：全金屬 2 $\mu$ m 防衛過濾器。

冷凝器：氣冷半導體式冷凝器，附水份收集器與溫度顯示，開機後 10 分鐘內可降溫至 5 $^{\circ}$ C，316 不銹鋼體，除濕量 0-8L/min。

加熱管與溫度控制：220VAC，15 米長，0-200 $^{\circ}$ C，J 型熱電偶，3/8"外徑 Teflon 管，雙層隔離保溫。

加熱採樣棒：採樣量 0-20L/min，內建 2 $\mu$ m 陶瓷濾心，200 $^{\circ}$ C，220VAC，1.5 英尺長 316 不銹鋼棒 ( 附 2" 150 # 316SS RF flange )

流量計附控制閥：每台分析儀一具，另一具單獨作 by-pass 控制，316 不銹鋼材質。

自動排水：6rpm 蠕動式幫浦 ( 附 2 pump heads and Norprene tubes )

管接件：皆使用 316 不銹鋼或 Teflon 材質。

校正及採樣：可選擇對單獨或全部分析儀，執行 Zero/Span 校正或採樣。

#### 燃燒氣體連續分析系統簡圖說明：

- (1) 過濾保護裝置
- (2) 加熱過濾系統
- (3) 冷凝乾燥器
- (4) 真空壓力表
- (5) 流量計附控制閥
- (6) 自動排水真空幫浦
- (7) 釋放閥
- (8) 採樣幫浦
- (9) 調壓閥與壓力表
- (10) 保護濾片
- (11) 三向閥
- (12) CO 分析儀
- (13) CO<sub>2</sub> 分析儀
- (14) O<sub>2</sub> 分析儀



## 高速防火影像分析系統

1. 影像色彩：彩色。
2. 片速 / 每秒：30, 60, 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 5000, 10000fps。
3. 解析度：全幅影像顯示時，解析度可達 512 x 480pixel。
4. 記憶、儲存影像方式及容量：採用 DRAM 進行影像儲存，標準記憶體於全幅時 ( 512 x 480pixel )，可至 546 幅。
5. 記錄觸發(trigger)方式：開始(start)觸發、中間(center)觸發、末端(end)觸發、間隔(random)觸發。
6. 操作方式：主機有堅固外殼保護，操作面板置於主機，易於在單機上操作，不必再外接電腦控制操作。
7. 主機訊號輸出有二種：
  - (1) NTSC 輸出：主機有 RS-170 及 AV 等 2 個端子輸出，於外出單機使用及不需要影像下載至電腦時，可直接於電視螢幕顯示影像及接錄放影機將影像存於錄影帶。
  - (2)數位輸出：主機上有標準 SCSI 接口，可隨時接上電腦或手提式電腦，並安裝專有軟件將影像下載至電腦或手提式電腦，成為標準的 TIFF 及 BMP 格式的數位圖像。
8. 鏡頭接口：相機為 C-Mount 接口。
9. 相機尺寸：相機頭尺寸非常小，僅 51 x 114 x 51mm，0.8kg。因尺寸小易於安裝在各式困難安裝的試驗，且相機四面皆有角架接口，易於拍攝不同角度的試驗。
10. 座標顯示：影像顯示內建 X, Y 座標，可直接於電視螢幕上讀取座標即時分析。
11. 電源：主機接 12VDC 電源。
12. 螢幕：10 吋 TFT-LCD 螢幕。
13. 鏡頭：Zoom lens 12.5-7.5 mm，F1.2。
14. 儲存箱及腳架。
15. 筆記型電腦：P-III 600，13.3 吋 TFT-LCD 螢幕，12GB HDD。Floppy Drive，128MB DRAM。24 倍光碟機。Modem/網路卡，SCSI 卡 for Notebook & PC。

## 二維都卜勒粒徑分析儀

### 1. 五瓦水冷式氬離子雷射(5W Argon-Ion Laser)

五瓦氬離子雷射包括遙控裝置、電源供應器、基座及光學滑軌等，作為二維 LDV 及 PDPA 量測的光源。Fiber Drive 分色光學組件直接裝在雷射下游的光學滑軌上。

### 2. 二維分色光學組件(Two-Component Fiber Drive)

Fiber Drive 將入射光束分成兩對光束（藍、綠），構造簡潔、穩定及高效率。每對光束中有一束，由內部的 Bragg Cell，作 40MHz 的頻率偏移。

- 傳送模組的效率大於 85%。
- 傳送系統的效率包括分色光學組件、耦合器、光纖探頭等大於 45%。

### 3. 光纖耦合器(Fiberoptic Couplers)

光纖耦合器將從 Fiber Drive 射出的光束導入細小的單模光纖芯子。使用各種光學元件將入射光束引導、移動及聚焦導入光纖芯子。光學元件均以「無應力」方式安裝，因此入射光束的極性得以全程保留（此對於相位量測極為重要）。

### 4. 二維光纖傳送接收探頭(Fiberoptic Transceivers)

二維光纖傳送接收探頭為具有 50mm 孔徑、40mm 光束間距及 250mm 焦距的鏡頭。二維光纖傳送接收探頭並具有接收光纖可供後方散射的 LDV 量測。使用不同焦距的鏡頭可以設定工作距離、干涉條紋間距及量測區大小。此外，如果加裝光束擴張器可將光束呎吋及間距加倍或減半。

### 5. 二維光纖 PDPA 接收探頭(PDPA Receiver)

二維光纖 PDPA 接收探頭為具有 72mm 孔徑、300mm 焦距的鏡頭。二維光纖 PDPA 接收探頭包含三個感測器，D1、D2 及 D3，經配對安排使得 D1-D2 和 D1-D3 產生相位量測分別為  $\theta_{12}$  和  $\theta_{13}$ 。經由感測器間距的安排，使得相位量測  $\theta_{13}$  約為  $\theta_{12}$  所得相位量測的三倍。此一概念使得系統於粒徑量測時，得以獲得較大的動態範圍（50：1），而無需犧牲相位量測的精確度。並可避免偵測不規則形狀粒子以消除彈道相關散射誤差。

### 6. 光電接收器(Receiver Module)

光電接收器機箱內包含了所有粒徑和二維速度量測所需的光電倍增管和分色光學元件。可連接二維光纖傳送接收探頭及二維光纖 PDPA 接收探頭，分別用於前方散射和後方散射量測，使用具彈性。光電倍增管電壓由 DataVIEW 軟體控制，RSA3100-P 信號處理器提供校正二極體的輸入到光電接收器。

## 7. 即時信號處理器(RSA Processor)

- 採樣頻率 80 MHz
- 最小樣本數 64 (LDV) , 128 (PDPA)
- 最小過渡時間 0.5 $\mu$ sec (LDV)
- 最小輸入頻率 -35MHz (using 40MHz Bragg Cell)
- 最大輸入頻率 120MHz
- 操作頻寬 Variable to 75MHz
- 最大有效採樣頻率 160MHz
- 輸入電壓範圍 0.3mV to 1V
- 輸入訊雜比 -5dB minimum
- 平均頻率誤差 0.2% of measurement range
- 最大資料率 250,000 measurement / sec

## 8. 操作及分析軟體(DataVIEW Software)

DataVIEW 軟體控制 LDV 及 PDPA 量測時所有系統相關參數，並即時顯示輸入數據。系統預設之圖表以圖形顯示所有 LDV 及 PDPA 數據，例如：速度統計圖、速度時間圖、粒徑統計圖、亮度確認、相位校正等。此外，使用人可自行設定圖表參數或數據變數。以滑鼠按鍵可由圖表叫出試算表格式的數據。軟體並可整合移動平台控制器，以供自動化資料擷取。

軟體包含下列數據確認功能

- 量度確認 - 此功能可繪出粒徑對信號強度圖，供使用者選擇消除信號太弱的大粒子及信號異常的小粒子。使用者可設定強度的上、下限曲線，作為過濾的範圍。
- 彈道相關相位誤差 - 當 PDPA 系統設置來接收折射光時，因為干涉條紋迎向感測器移動，可以正確的測得由感測器 12 和 13 所得的相位偏移。如果接收到一個強烈的反射光，因為干涉條紋對感測器倒退移動，測得相位偏移為 360°。在這種情況下相位偏移 13 會小於相位偏移 12，這和應有的結果相反，這些信號便會被軟體剔除。
- 探測體積校正 - 當執行質量 / 體積通量量測時，需針對單一粒徑進行有效探測截面面積修正。

## 9. 三軸移動平台(Three-Axis Computer Controlled Traverse)

三軸伺服馬達移動平台用來移動二維光纖傳送接收探頭、和二維光纖 PDPA 接收探頭、以及滑軌和轉盤。可在使用者設定的各點上自動擷取 LDV / PDPA 的數據。電腦和移動平台間的通訊透過 RS-232 電纜。移動平台的機板，同時作為 X 軸，提供一個非常穩固的基礎，可支撐高負載及高力距。垂直軸具有煞車馬達，操作安全。

#### 10. 單粒徑液滴產生器(Monodisperse Drop Generator)

單粒徑液滴產生器可產生單一粒徑的液滴，其直徑在 80 到 300 $\mu\text{m}$  範圍內可控制，可用來校正 PDPA 量測值。

- 液滴大小： $\pm 2\%$  of calculated size。
- 孔板呎吋：20, 50, 100 $\mu\text{m}$ 。
- 50cc 針筒幫浦流量：0.0027-46.0cc/min 範圍內，30 種不同設定方式。
- 信號產生器頻率範圍：0 - 2MHz
- 一般操作頻率範圍：2-25kHz
- 移動平台：平台最大移動距離 13mm，最小移動精度 1 $\mu\text{m}$ 。

## 附錄二

### 「美國 BFRL 實驗室 1998 年消防研究專案彙整」(部分摘錄)

#### **Fire Safety Engineering Division**

##### **• Large Fire Research Group:**

- (1) Advanced Fire Fighting Technology – To develop measurement equipment and techniques for the evaluation of 1) thermal environments experienced by fire fighters while conducting fire suppression and rescue tasks, 2) the performance of fire fighters protective clothing and equipment, while conducting fire suppression and rescue tasks, and 3) new fire fighting/suppression tools.
- (2) Burning of Oil Spills – To determine conditions where *in situ* burning can be used effectively as a response method to accidental spills of crude oil on land and on water.
- (3) Fire Research and Measurement Support for Arson Investigation – To provide measurement and modeling assistance to support the research and investigation programs of the ATF, Arson Enforcement Branch.
- (4) Large Fire Research Facility – To provide large fire measurement capabilities to meet the needs of industry and government customers.
- (5) Office Building Fire Research Program – To quantify the impacts of large fires on buildings and their occupants, and investigate the use of current technology/resources for mitigating the hazards.

##### **• Fire Modeling and Applications Group:**

- (1) Advanced Fire Detection and Alarm Panels (Cybernetic Buildings) – To develop an advanced fire annunciator panel that will isolate the location of a fire in a building, and predict the short and long term behavior and effects of fire growth and smoke spread in the building.
- (2) Application of Zone Fire Modeling in Fire Fighter Training – To support the use of the CFAST model in real-time fire fighter trainers.
- (3) Enhanced Fire Safety Evaluation System – To advance the technical basis of the FSES and facilitate its evolution to a risk management tool.
- (4) Experimental Application of Fire Hazard Analysis for U.S. passenger Train Systems – To demonstrate the practicality and effectiveness of new generation test methods and hazard analysis techniques when applied to passenger rail transportation vehicle fire safety.

• **Grant Summaries:**

- (1) Characterization of Sprinkler Sprays and their Interactions with Fire Induced Flows – To provide high resolution, large-scale planar data for validation of field models of sprinkler fire suppression; (a) drop size distribution and droplet velocities produced by a scaled pendant sprinkler head under various water flow rate conditions, (b) sprinkler and fire induced gas velocities, and (c) delivered water density to the burning surface.
- (2) Fire Safety Engineering – To investigate fire safety engineering concerns associated with: a) properties characterization and performance evaluation of the protection foams; b) ignition and burning of heavy oil emulsion on water; c) critical literature review, experiments and modeling of two-dimensional fire sources; and d) integration of CFAST with existing models for the analysis of complex wall assemblies.
- (3) Large Fire Analysis – To develop a modular post-earthquake and urban/wildland intermix fire growth model.

**Fire Science Division**

• **Advance Fire Measurement Group:**

- (1) Improvement and Development of Fire Diagnostics – To improve the capabilities to quantitatively characterize fire behavior using experimental measurement techniques having reliable estimates of accuracy and precision.
- (2) Sprinkler Drop Size and Velocity – To evaluate measurement methods for sprinkler sprays; measure drop size and velocity distributions for an existing sprinkler, evaluate the capabilities and limitations of the optical array probe, and provide information about the appropriateness of this technique and others for future measurements.
- (3) Characteristics and Identification of Super-Effective Thermal Fire-Extinguishing Agents – To assess the feasibility of candidate thermal fire extinguishing agents and their properties to halon 1301.
- (4) Carbon Monoxide Production and Prediction – To develop a fundamental understanding of the mechanisms of carbon monoxide formation in flames sufficient to produce a detailed predictive model.
- (5) Particle Measurement in Support of the Semiconductor Industry – To develop a facility for accurately measuring particle size/concentration.

• **Fire Sensing and Extinguishment Group:**

- (1) Fire Suppression Chemistry – To develop an understanding of how

particles which form in a flame inhibited by  $\text{Fe}(\text{CO}_5)$  act to influence the extinction process and develop the next generation of suppression agents and technologies.

- (2) Low Environmental Impact Fire Suppression – To facilitate the development and adoption of promising low environmental impact fire suppression technologies by: (1) establishing scientifically defensible test methods for evaluating the fire suppression performance of proposed alternatives, and (2) supplementing research in the Next Generation Program (NGP).
- (3) Dispersed Liquid Agent Fire Suppression Screen – To develop a bench-scale suppression screen suitable for comparing the performance of dispersed fluids in extinguishing a laboratory-scale flame.
- (4) Combustion of a Polymer (PMMA) Sphere in Microgravity – To determine the burning rates of PMMA spheres in a low gravity environment under various ambient oxygen conditions and using various sphere sizes.
- (5) Lean Flammability Limit as a Fundamental Refrigerant Property, Phase III – To provide industry with a high precision, repeatable method for measuring flame limits based upon a counter-flow burner design.
- (6) Technical Support for the Study of Droplet Interactions with Hot Surfaces – To provide technical support for the study of the dynamics of droplet/surface interaction and its effect on burning cessation in the DoD program.
- (7) High Heat Flux Measurement Standards – To characterize the capabilities of the convective heat transfer facility for calibrating heat flux gauges, to complete a gas phase conduction facility for calibrations up to  $100 \text{ kW/m}^2$ , and to develop for industry new techniques for applications to critical technologies.

• **Materials Fire Research Group:**

- (1) New Flame Retardant Principles – To develop and demonstrate successful application of new flame retardant principles for reducing the flammability of commodity polymers; to understand the flame retardant mechanism and their effect on physical properties of commodity polymers; and develop theoretical models to describe crosslink formation, mass loss rate, products composition, and relative heat release rate from polymer burning.
- (2) Condensed Phase Processes – To understand condensed phase processes during burning of polymeric materials by measuring thermal properties, gasification rates and temperatures in the polymer samples,

by deriving global degradation kinetics from molecular dynamic calculation, by characterizing polymer residues, and to develop gasification model including heat and degradation products transport processes.

- (3) Effects of Melt/Drip Behavior on Fire Growth – To investigate the flow phenomena that are an integral part of the growth of a fire on a thermoplastic object; and to model these phenomena.
- (4) Combustion of Silicone – To understand the combustion mechanism of siloxane and specifically why the heat release rate (as measured in the cone calorimeter) of burning siloxane is nearly independent of external thermal radiant flux.
- (5) Flame Retardant Mechanism of SI Additives – To understand the flame retardant mechanism of SI powders in high density polyethylene.
- (6) Vehicle Fire Initiation and Propagation – To provide a better understanding of the dynamics of post-collision fires that threaten the safety of vehicle occupants and to develop realistic, repeatable ignition protocols for vehicle fire safety testing.
- (7) Production and Certification of Cone Calorimeter SRMs – To produce and certify two standard reference materials for heat, mass, and smoke release rates in the Cone Calorimeter.
- (8) Fire Safe Aircraft Interior Materials – To determine the effects of pre-ceramic polymers and clay-nanocomposites on the flammability of polymers useful in aircraft interiors, and to develop theoretical models to describe thermal degradation behavior of a variety of polymers including crosslink formation, products composition, and relative heat release rate from polymer burning.
- (9) Radiative Ignition and Subsequent Flame Spread in Microgravity – To extend BFRL's theoretical model of ignition and subsequent flame spread over a thermally thin material in microgravity to a thick material and participate conducting experiments in drop towers for comparison of the predicted results with the experimental observation.

● **Grant Summaries:**

- (1) Cross-Linking of Polystyrene by Friedel-Crafts Chemistry to Enhance Resistance to Thermal Degradation – To develop a suitable system for Friedel-Crafts chemistry to achieve cross-linking of polystyrene only under conditions which approximate those which may be encountered in a small fire.
- (2) A Fire Growth Simulation Model for Materials – To develop and

assess a simulation model to predict the fire growth on commercial materials used in building construction and interior finish applications.

- (3) Evolution of Compartment Exhaust Gases in Buildings: Providing Evaluation Criteria and Design Tools – To develop correlations for the prediction of the levels of species yields for conditions leading to the transport of incomplete combustion products to locations remote from a burn room, and to provide design tools for fire safety engineers related to the formation and transport of CO and UHC away from a burning compartment into a building interior.
- (4) Mixing and Radiation Properties of Buoyant Luminous Flame Environments – To measure the radiation and mixing properties of luminous buoyant turbulent flame environments and use these results to improve fire models.
- (5) Gas Generator Induced Flow and its Effect on Fire Flame Extinction – To conduct a literature search on recirculation zones induced by either a bluff body, a baffle, a backward facing step or a trench inside a wind tunnel, perform some preliminary computations using Large Eddy Simulation (LES) code developed at BFRL and compare the results with the literature data for validation.
- (6) Water Mist Penetrations through Complex Openings of Compartments – To understand the phenomena, to reveal the mechanisms, and to correlate the results of the mist penetration through openings of compartments during fire extinguishments.
- (7) A Theoretical and Experimental Investigation on Physical, Thermal and Chemical Effects of Condensed Phase Fire Suppressants – To quantify the physical, thermal and chemical effects of condensed-phase fire suppressants in extinguishing counterflow laminar flames by experimental and computational techniques.